



MITTEILUNGEN

Nr. 163/5 - 1995

DER FORSTLICHEN BUNDESVERSUCHSANSTALT WIEN

Zum Waldsterben im Gleinalmgebiet (V)

*Forest decline in the
Gleinalm area (V)*

F. GÖBL, G. RÖSSLER, K. STEFAN,
CH. TOMICZEK, E. DONAUBAUER



Das Lebensministerium

ISSN 0374-9037

Copyright 1995 by
Forstliche Bundesversuchsanstalt

Für den Inhalt Verantwortlich :
Direktor HR Dipl. Ing. Friedrich Ruhm

Herstellung und Druck :
Forstliche Bundesversuchsanstalt
Waldforschungszentrum
Seckendorff-Gudent-Weg 8
A-1131 Wien

Anschrift für Tauschverkehr :
Forstliche Bundesversuchsanstalt
Bibliothek
Seckendorff-Gudent-Weg 8
A-1131 Wien
Tel. + 43-1- 878 38 216
Fax + 43-1- 877 59 07

Nachdruck mit Quellenangabe gestattet

Inhaltsverzeichnis

5. Band

GÖBL, F.:

Mykorrhiza- und Feinwurzeluntersuchungen im Waldschadensgebiet Gleingraben und Gleinalpe (Steiermark)

VI. Einfluß von Düngung, Bodenhilfsstoffen und Streuzufuhr auf Mykorrhiza- und Feinwurzelschäden, 1991..... 5

VII. Einfluß einiger Gesteinsmehle und Dünger auf das Mycelwachstum von Mykorrhizapilzen und anderer Pilzarten
Ein Labortest als Ergänzung zu Freilandversuchen..... 11

RÖSSLER, G.:

Zuwachskundliche Untersuchung über den Einfluß von Düngung und Kronenzustand auf das Zuwachsverhalten von Fichten im Gleingraben..... 19

STEFAN, K.:

Schwefel- und Nährstoffversorgung der Fichtennadeln im Gleinalm-Gebiet..... 53

TOMICZEK, CH.:

Schlußfolgerungen aus den forstpathologischen Untersuchungen in der Gleinalpe.....127

DONAUBAUER, E.:

Das Walderkrankungssyndrom im Gleinalmgebiet - Synopse der Ergebnisse.....131

Contents

Vol. 5

GÖBL, F.:

Investigation of Mykorrhizae and Fine Roots of the Forest
Damage Areas of Gleingraben und Gleinalpe (Styria)

VI. Influence of fertilization, mineral fertilizers, and litter on
mykorrhiza and fine Root damage, 1991 5

VII. Influence of various mineral powders and fertilizers on
the mycel growth of mykorrhizae and other fungal species.
A laboratory test complementing in-the-field experiments 11

RÖSSLER, G.:

Increment of Norway spruce as influenced by fertilization and
crown condition 19

STEFAN, K.:

Supply of spruce needles with sulfur and nutrients in the
Gleinalm area..... 53

TOMICZEK, CH.:

Conclusions from Forest Pathological Investigations in the
Gleinalm area.....127

DONAUBAUER, E.:

The Forest Decline Syndrome in the Gleinalm Area -
Synopsis of Results.....131

Mykorrhiza- und Feinwurzeluntersuchungen im Waldschadensgebiet Gleingraben und Gleinalpe (Stmk.)

VI. Einfluß von Düngung, Bodenhilfsstoffen und Streuzufuhr auf Mykorrhiza- und Feinwurzelschäden, 1991

FRIEDERIKE GOBL

Institut für Forstökologie, Forstliche Bundesversuchsanstalt

Kurzfassung: Der Einfluß verschiedener Bodenverbesserungsmaßnahmen auf Mykorrhiza- und Feinwurzelschäden wird durch Vitalitätsbewertung beschrieben. Die Einflüsse von Mineraldüngern und natürlichen Hilfsstoffen (Streuzufuhr) werden verglichen.

Schlüsselworte: Mykorrhizaschäden, Bodenverbesserung, *Picea abies*

Abstract: [Investigation of Mykorrhizae and Fine Roots of the Forest Damage Areas of Gleingraben und Gleinalpe (Styria). VI. Influence of fertilization, mineral fertilizers, and litter on mykorrhiza and fine Root damage, 1991.] The influence of various soil improvement measures on mykorrhiza and fine root damage is characterized by means of vitality evaluation. The influences of mineral fertilizers and natural aids (litter) are compared.

Keywords: Mykorrhiza damage, soil improvement, *Picea abies*

1. Problemstellung

Im Gleingraben wurden ab 1986 verschiedene Versuche mit Düngern und Bodenhilfsstoffen angelegt, um auf den sichtbaren Schädigungsverlauf - Kronenvergilbung und rasches Absterben der Bäume - zumindest temporär positiv einzuwirken (KILIAN 1989).

1986 wurden Untersuchungen im Wurzelraum begonnen und schwere Schäden an Mykorrhizen und Feinwurzeln festgestellt, die in den Folgejahren keine Verbesserung erkennen ließen. Es handelt sich um Fraßschäden, die einer derzeit weitgehend unbekannt Population von Schadorganismen zugeordnet werden (GOBL 1989, a,b) und in Beständen aller Altersklassen flächendeckend auftreten.

2. Die Probeflächen

Nach KILIAN (1989) kam eine Vielfalt von Düngemitteln, Dosierungen und Applikationsformen zur Anwendung, die in der Folge durch zahlreiche Bodenverbesserungsmittel ergänzt wurden (Aufstellung der Forstverwaltung R.Hatschek im Jahre 1990). Probeflächen für die vergleichende Untersuchung von Mykorrhiza- und Feinwurzelschäden wurden nach folgenden Kriterien ausgewählt:

- Bestände mittleren Alters mit dichter, gleichmäßiger Bestockung und dementsprechender Durchwurzelung. Unterschiede, die durch unregelmäßigen Kronenschluß oder unterschiedliche Altersklassen bedingt sind, können somit ausgeschlossen werden.
- Bestände mit den für das Waldschadensgebiet Gleingraben typischen Nadelvergilbungen, beziehungsweise absterbenden Bäumen, sowie typischen Mykorrhiza- und Feinwurzelschäden, auch auf angrenzenden Flächen.
- Deutliche Begrenzung der behandelten Parzellen, sodaß angrenzende Vergleichsflächen mit entsprechender Ausgangssituation verfügbar sind. Laufzeit der Behandlung zumindest waren zwei Vegetationsperioden, um eine momentane Wirkung auszuschließen und die Nachhaltigkeit prüfen zu können.

Flächen, die diesen Anforderungen entsprachen, waren nur in sehr geringer Anzahl vorhanden. Sie lagen durchwegs im Bereich von kleinflächigen Versuchen, die mit mineralischen Düngern und mit Bodenhilfsstoffen von Hand angelegt waren (Tabelle 1).

Eine Beurteilung der Nährelementsituation auf der Basis von chemischen Nadelanalysen erbrachte nach STEFAN (1991) für kleinflächig angelegte Bodendüngungsver-

Tabelle 1: Versuchspartellen für die Bestimmung der Vitalität von Feinwurzeln und Mykorrhizen

Art der Düngung oder Behandlung	Jahr der Anlage	Waldort - Abteilung	Anzahl der Proben (Kontrollproben in Klammer)	
A Mineralische Dünger 1) 600 Nitramoncal 200 Patentkali kg/ha 2) zusätzlich 1000 kohlenaurer Kalk kg/ha	1987	Weißbach - H - 10 - a	20	(10)
	1987	Weißbach - H - 10 - a,b	10	(10)
B Bodenhilfsstoffe * Zeolith, 2 t/ha und Kalksteinmehl, 2 t/ha	1988	Stadlmair - H - 8 - a	10	(5)
	1988	Hexenkreuzung - H - 9 - f1	10	(5)
C Reisigabdeckung flächendeckend oder kleinflächig nach Durchforstung	1988	Weißbach - H - 10 - a	5	(5)
		Stadlmair - H - 8 - a	5	(5)
		Lenzmair - H - 6 - e	5	(5)

suche bessere Resultate im Vergleich zu großflächig vorgenommenen aviotechnischen Düngungen.

Trotz sorgfältiger Wahl der Flächen waren gewisse standörtliche Unterschiede zwischen den Parzellen "Weißenbach", beziehungsweise "Hexenkreuzung" und "Stadlmair" vorgegeben. Sie sind aus der Vitalitätsbestimmung der Kontrollproben (Tabelle 2) ersichtlich und stimmen mit den Ergebnissen einer Zustandserhebung aus dem Jahr 1987 überein (GÖBL 1989, b).

3. Methode

Im August 1991 wurden insgesamt 120 große Stichproben (Bodenziegel von 25 cm Seitenlänge) aus verschiedenen behandelten Flächen, sowie aus Kontrollflächen entnommen. Sie waren - entsprechend den vorausgegangenen Untersuchungen im Gleingraben - auf gut durchwurzelte und ungestörte Auflagehorizonte beschränkt. In Flächen mit Reisigabdeckung erfolgte die Probenahme nach Entfernung der losen Nadelstreu. Die Abstände zwischen den Einzelproben innerhalb einer Probefläche betragen in der Regel 5 Meter.

Bei sehr deutlicher Begrenzung, zum Beispiel bei Zeolith- oder Kalksteinmehlpzellen, wurde der Abstand der Kontrollproben fallweise auf 1 Meter verringert, um standörtliche Unterschiede weitgehend auszuschließen.

Die Bearbeitung der Proben erfolgte nach bereits beschriebenen Methoden. Die Abschätzung der Vitalität der Feinwurzeln und Mykorrhizen wurde dementsprechend nach 6 Vitalitätsklassen vorgenommen, um die entsprechenden Abstufungen zwischen guter Entwicklung und völliger Zerstörung zu erfassen (GÖBL 1989, a,b, 1993).

Für Vergleiche wurden ausschließlich Ergebnisse von Proben mit vergleichbaren Entnahmetermeninen herangezogen und somit waren saisonale Unterschiede nicht zu berücksichtigen.

4. Ergebnisse

Die Vitalität von Feinwurzeln und Mykorrhizen war in der Behandlungsvariante "mineralische Düngung" (A_1 und A_2) schlecht bis sehr schlecht. Vergleiche mit ungedüngten Kontrollparzellen erbrachten 4 Jahre nach Applikation der Düngemittel keinen erkennbaren Unterschied.

In der Behandlungsvariante "Bodenhilfsstoffe" hatte Zeolith (B_1) keine Veränderung der Vitalität gegenüber der Kontrolle bewirkt, während Kalksteinmehl (B_2) eine deutliche Verschiebung zu besseren Vitalitätswerten erbrachte.

Tabelle 2: Verteilung der Vitalitätsklassen von Feinwurzeln und Mykorrhizen für verschieden behandelte Versuchspartellen.
(Mittelwerte in Prozent, Werte für Kontrollproben in Klammer)

Art der Düngung oder Behandlung	Verteilung der Vitalitätsklassen					
	I Sehr gut	II gut	III mäßig	IV schlecht	V sehr schlecht	VI tot
A Mineralische Dünger						
1) 600 Nitramoncal 200 Patentkali kg/ha				60 (50)	40 (50)	
2) zusätzlich 1000 kohlensaurer Kalk kg/ha				50 (50)	50 (50)	
B Bodenhilfsstoffe						
Zeolith, 2 t/ha				20 (20)	80 (80)	
Kalksteinmehl, 2 t/ha			20	40 (20)	40 (80)	
C Reisigabdeckung						
flächendeckend oder klein- flächig nach Durchforstung		10	70	30 (20)	(80)	

Tabelle 3: Verteilung der Vitalitätsklassen von Feinwurzeln und Mykorrhizen für alle Proben aus behandelten, unbehandelten und mit Reisig abgedeckten Parzellen (Mittelwerte in Prozent)

Anzahl der Behandlung	Anzahl der Proben	Verteilung der Vitalitätsklassen					
		I Sehr gut	II gut	III mäßig	IV schlecht	V sehr schlecht	VI tot
unbehandelte Kontrollen	50				40	60	
Mineralische Dünger und Bodenhilfsstoffe	50			4	46	50	
Reisigabdeckung	20		10	70	20		

1990). Es wurde angenommen, daß durch die Feinheit der Partikel die Aktivität der Schadorganismen eingeschränkt wird. Allerdings wurde eine Tendenz zu schlechterem Mykorrhizabesatz festgestellt.

In der Behandlungsvariante "Reisigabdeckung" war die Vitalität der Feinwurzeln mit "gut" bis "mäßig" auffallend besser als in allen Varianten, die mit Düngern oder Bodenhilfsstoffen behandelt waren.

Nur in dieser Variante waren Merkmale, die für die Charakteristik der Wuchsform von Feinwurzeln (Verzweigung, Ausbildung und Häufigkeit von Wurzelspitzen und andere) und von Mykorrhizen wichtig sind (Verzweigung, Typenvielfalt, abstrahlendes Mycel und andere), dominant. In allen Flächen mit anderen Behandlungsvarianten oder in den Kontrollflächen wurden solche Merkmale durch den Merkmalskomplex Fraßschäden überlagert.

Im Vergleich zu den Kontrollflächen (100%) sind in den Flächen mit Düngern und Mykorrhizen



Abbildung 1: Wurzelentwicklung in unbehandeltem Boden, Stadlmairwald, 20. August 1991.

Abbildung 2: Wurzelentwicklung 2 Jahre nach Aufbringen von Fichtenzweigen, Stadlmairwald, 20. August 1991. Der Abstand zwischen den beiden Testparzellen beträgt 40 cm.



Im Bereich der Parzelle "Stadlmair" wurden im August 1989 Kleinparzellen mit Abdeckung von Fichtenästen angelegt; im August 1991 wurde die angefallene Fichtentreu entfernt und die neugebildeten Wurzeln freigelegt.

Abbildung 1 zeigt die Wurzelentwicklung im Auflagehorizont der unbehandelten Parzelle, für deren Bereich 1989 der Anteil zerstörter Mykorrhizen 87 % vom Gesamtmykorrhizabesatz betrug (GÖBL 1990).

Abbildung 2 zeigt die Wurzelentwicklung, die unter einer 20 cm hohen Schicht von Fichtenzweigen stattgefunden hat. Die Entfernung zwischen den beiden Kleinparzellen betrug 40 cm.

Die Ergebnisse deuten darauf hin, daß in Beständen mit flächendeckender Schädigung von Feinwurzeln und Mykorrhizen, also der nährstoffaufnehmenden Organe, die Aufnahme, Speicherung und Verteilung zugeführter Nährstoffe unvorhergesehenen Veränderungen unterliegen können. In vielen Fällen werden sie vermindert oder auch wirkungslos bleiben.

Kenntnisse der Verhältnisse im Wurzelraum können bei Einsatz von Düngern wesentliche Hinweise über deren Verwertbarkeit erbringen.

5. Zusammenfassung

In einigen Versuchspartzen wurde 4, bzw. zwei Jahre nach Applikation von mineralischen Düngern und von Gesteinsmehlen die Intensität der Fraßschäden an Feinwurzeln und Mykorrhizen untersucht. Sie wurde durch Abschätzung der Vitalität charakterisiert.

Mineralische Düngung und das Gesteinsmehl Zeolith haben keine Unterschiede gegenüber den Kontrollflächen erbracht.

In Proben, die unter Reisigabdeckung entnommen wurden, war die Vitalität besser einzustufen als in anders behandelten Partzen. Es wird angenommen, daß bei flächendeckenden Schädigungen der Mykorrhizen die Aufnahme, Speicherung und Verteilung von zugeführten Nährstoffen nicht gewährleistet ist.

Literatur

- GÖBL, F. 1989 a: *Mykorrhiza- und Feinwurzeluntersuchungen im Waldschadensgebiet Gleingraben und Gleinalpe (Steiermark). I.* Mitt.d.Forstl. Bundesversuchsanstalt Wien, 163/I, 171-195.
- GÖBL, F. 1989 b: *Mykorrhiza- und Feinwurzeluntersuchungen im Waldschadensgebiet Gleingraben und Gleinalpe (Steiermark). II.* Mitt.d.Forstl. Bundesversuchsanstalt Wien, 163/II, 197-220.
- GÖBL, F., 1990: *Mykorrhiza- und Feinwurzeluntersuchungen im Waldschadensgebiet Gleingraben und Gleinalpe (Stmk.). III.* Mitt.d.Forstl. Bundesversuchsanstalt Wien, 163/III, 5-31.
- GÖBL, F., 1993: *Mykorrhiza- und Feinwurzeluntersuchungen in Fichtenbeständen des Böhmerwaldes.* Österr. Forstzeitung, FBVA Informationsdienst, 253. Folge, 35-38.
- KILLIAN, W. 1989: *Diagnostische Düngungsversuche im Gleinalmgebiet.* Mitt.d.Forstl. Bundesversuchsan-

Mykorrhiza- und Feinwurzeluntersuchungen im Waldschadensgebiet Gleingraben und Gleinalpe (Stmk.)

VII. Einfluß einiger Gesteinsmehle und Dünger auf das Mycel- wachstum von Mykorrhizapilzen und anderer Pilzarten - Ein Labortest als Ergänzung zu Freilandversuchen

FRIEDERIKE GOBL

Institut für Forstökologie, Forstliche Bundesversuchsanstalt

Kurzfassung: Das Wachstum verschiedener Pilzarten im Waldschadensgebiet wurde in Laborversuchen getestet; mehrere Arten von Gesteinsmehlen und Düngern wurden zugegeben. Die Ergebnisse wurden mit denen der Freilandversuche verglichen. Besprochen wird, ob bzw. in welcher Weise sich das Spektrum der Pilzarten ändern kann.

Schlüsselworte: Gesteinsmehl, Dünger, Mycelwachstum

Abstract: [Investigation of Mykorrhizae and Fine Roots of the Forest Damage Areas of Gleingraben and Gleinalpe (Styria). VII. Influence of various mineral powders and fertilizers on the mycel growth of mykorrhizae and other fungal species. A laboratory test complementing in-the-field experiements.]. The growth of various fungal species of the forest damage area was tested *in vitro*; various sorts of mineral powders and fertilizers were added. The results were compared with those from field experiments. It is discussed whether and in which ways the spectrum of fungal species might change.

Keywords: Mineral powder, fertilizer, mycel growth

1. Einleitung

In geschädigten Beständen des Gleingrabens wurden in den Jahren 1987 und 1988 verschiedene Bodenhilfsstoffe und Dünger für kleinflächige Testversuche eingesetzt (GOBL 1990). In erster Linie sollten diese Substanzen auf ihre Eignung zur Verminderung der extrem starken Fraßschäden an Feinwurzeln und Mykorrhizen geprüft werden und erst in weiterer Folge auf eventuelle Verbesserungen des Bodenzustandes. Die Wirkung von Bodenverbesserungsmaßnahmen auf die Artenzusammensetzung

Labor (GÖBL 1984, 1993) kurzfristig Hinweise über den Einfluß von unterschiedlichen Steinmehlen und Düngern auf das Wuchsverhalten von Mykorrhizapilzen und streubesiedelnden Pilzen zu erhalten und mögliche Veränderungen der Konkurrenz-kraft einzelner Pilzarten aufzuzeigen.

Die Testreihen wurden mit Mycelkulturen von Pilzarten durchgeführt, die im Gleingraben gesammelt wurden, beziehungsweise verbreitet sind. TOMICZEK (1990) hat ein häufiges Vorkommen von "Fäule" in Wurzeln und Stämmen vergilbter Bäume festgestellt und die Beteiligung von *Heterobasidion annosum* nachgewiesen. Ein Stamm dieser parasitischen Pilzart wurde in den Test miteinbezogen, ebenso ein Stamm von *Armillariella*.

2. Material und Methode

Substrate für Pilzmycelanzucht

Agarnährböden: Standardnährboden MOSER b; 20 ml/Petrischale.

- Nadelstreu (Fichte, Al - Af - Horizonte): von verschiedenen Standorten des Gleingraben/Stmk., sowie eines Vergleichsstandortes Klausboden/Pitztal, Tirol; 50 ml/Petrischale, Wassergehalt ca. 70 - 80 %.
- Floratorf, Handelsware: 50 ml/Petrischale, ca. 70 - 80 % Wassergehalt.

Testsubstrate

- Gesteinsmehle: Kalksteinmehl extrem feiner Körnung, Zeolith (Analysendaten GÖBL 1990), Dolomitmehl, Folin (1), Basaltmehl (12), Biolith (13), Bentonit (15) (Nummern entsprechen Analysendaten in SNOEK & WULFRAT 1983, Tab. 7).
- Dünger, Handelsware: Biovin, Biosol, Blaukorn.
- Kompost: stickstoffreiche Variante auf Rindenbasis (Analysendaten GÖBL 1993).

Aufwandmengen

Zusätze zu Nadelstreu und Torf entsprachen mit 2g/100 cm² (Blaukorn 25 %) annähernd gebräuchlichen Aufwandmengen für Bestandesdüngung. Die Zusatzmenge für Agarnährböden wurde für Biolith mit *Macrolepiota procera* als Indikatorpilz ausgetestet und mit 1 g/Liter festgelegt. Diese Menge verursachte keine Hemmung des Mycelwachstums. Die Kombination 1 G Biolith/ *Macrolepiota procera* wurde bei Wiederholungen von Testreihen als Standard verwendet.

Prüfmethode

Die Anzucht der insgesamt 13 Testpilze, beziehungsweise Pilzstämmen (Kultursammlung Abteilung Bodenbiologie, Imst), erfolgte auf Standardnährboden. Für alle Testreihen wurden Mycelstücke von 5 mm Seitenlänge aus den Randzonen 3 Wochen alter Kulturen jeweils in die Mitte einer Petrischale platziert

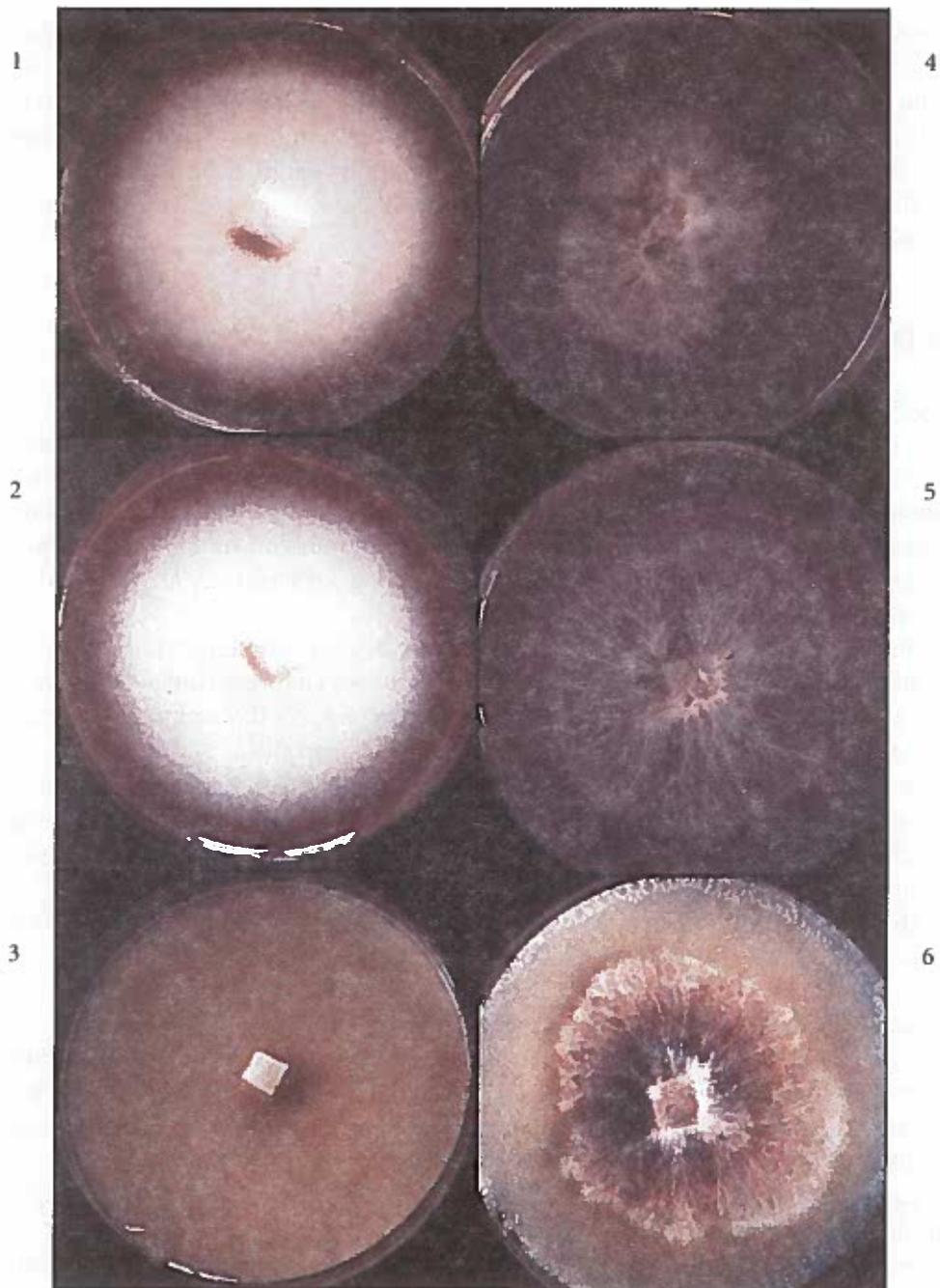


Abbildung 1: Wuchsverhalten von Mykorrhizapilz und Streubesiedler

Bestimmung des Mycelzuwachses von Mykorrhiza-, sowie streubesiedelnden Pilzen wurde auf allen Substraten durch die Myceldurchmesser 21 Tage alter Kulturen charakterisiert. Für die schnellwüchsigen Schadpilze wurde die Versuchsdauer reduziert.

Die Biomasse von *Armillariella* wurde durch Bestimmung von Gewicht und Länge der Rhizomorphen ermittelt und durch sorgfältige Präparierarbeit ermöglicht.

Alle Angaben des vorliegenden Berichtes beziehen sich auf mehrere Testreihen, zumindest auf 5fache Wiederholungen.

3. Ergebnisse

Wuchsverhalten der Testpilze auf Agarnährböden

Am Beispiel von Testreihen mit der Steinmehlsorte Biolith und dem Tresterprodukt Biovin (Tabelle 1) wird deutlich, daß Steinmehl das Mycelwachstum von Mykorrhizapilzen schwach fördert, beziehungsweise schwach hemmt. Es war kein auffallender Unterschied in bezug auf Pilzgattungen zu erkennen, während verschiedene Stämme einer Pilzart (*Boletus edulis*, *Amanita rubescens*) mit unterschiedlichem Wuchsverhalten reagiert haben.

Diese Humuskomponente von Biovin bewirkt bei bestimmten Mykorrhizapilzen (*Lactarius deterrimus*) und bei streubesiedelnden Pilzen eine Förderung (GÖBL 1984), bei den getesteten Schadpilzen eine deutliche Förderung. Für die letztgenannte Gruppe ist eine entsprechende Reaktion auch aus Tabelle 2 ersichtlich.

Die Mykorrhizapilze reagierten auf Zusätze von Basaltmehl, Zeolith und Bentonit ähnlich wie auf Biolith, während Kalksteinmehl, Dolomitmehl und Folin durchwegs Wachstumshemmung bewirkten. Die streubesiedelnden Pilzarten reagierten vorwiegend mit Wachstumsförderung.

Abbildung 1 zeigt entsprechende Beispiele für das Wuchsverhalten von *Amanita rubescens* und *Macrolepiota procera*.

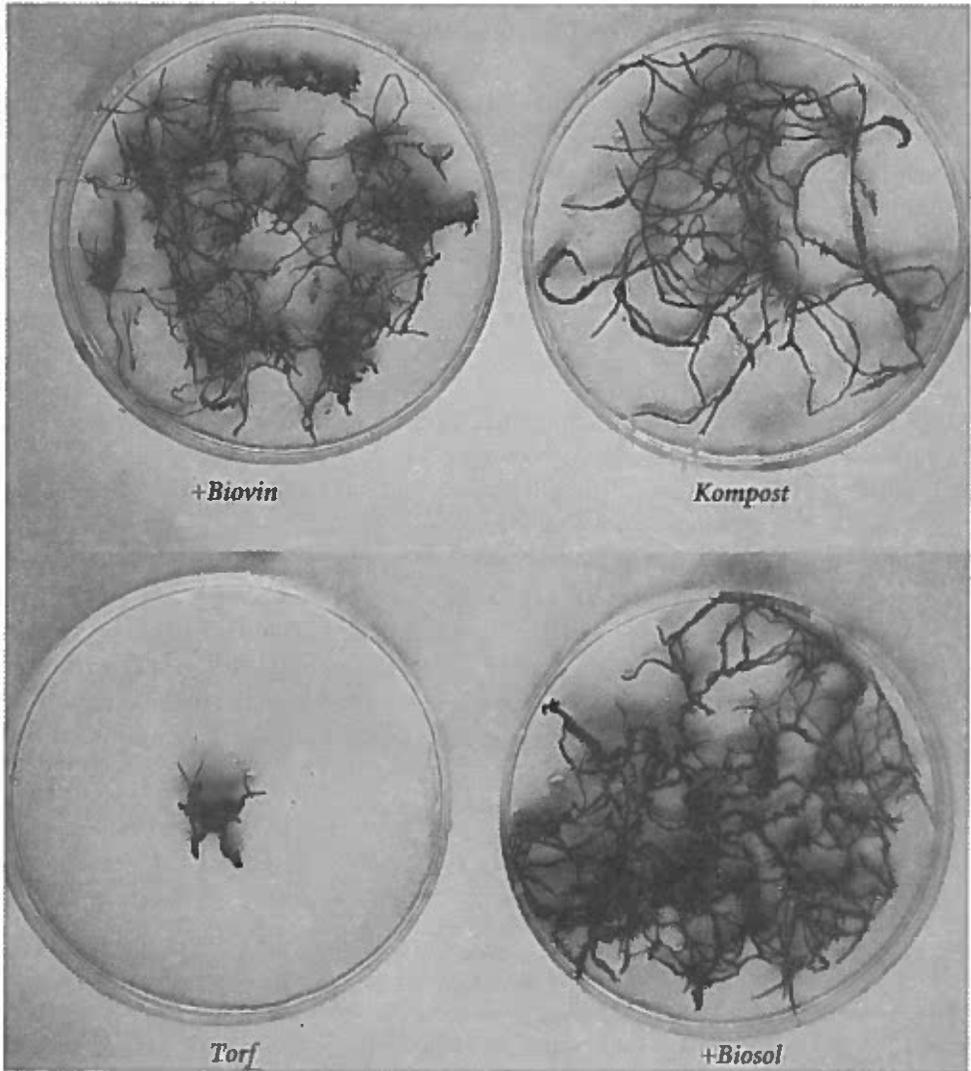
Wuchsverhalten der Testpilze auf Nadelstreu und Torf

Mykorrhizapilze zeigen auf Nadelstreu ähnliche Reaktionen wie auf Agarnährböden (Tabelle 3), allgemein aber langsames Wachstum. Biolith, Basaltmehl, Zeolith und Bentonit bewirkten eine mäßige Wachstumsförderung, während Folin und Kalksteinmehl auch auf diesem Substrat eine Hemmung induzierten.

Tabelle 4 zeigt das Wuchsverhalten von *Heterobasidion* auf Nadelstreu und Torf mit ähnlichen Ergebnissen wie auf Agarnährböden. Der parasitische Pilz reagiert auf organische Zusätze mit raschem Wachstum, auf Biolith indifferent und auf Blaukorn mit einer Hemmung.

Armillariella hat auf verschiedene Testsubstrate mit sehr unterschiedlicher Modifikation

Abbildung 2: Modifikation der Wuchsform von *Armillariella spec.* auf Torf bei verschiedenen Zusätzen
Versuchsdauer 10 Wochen



Vergleich von Labortest mit Freilandversuchen

In einigen Fällen konnten Ergebnisse des Labortests mit denen von Freilandversuchen verglichen werden. Es zeigten sich deutliche Parallelen.

Zusätze von Kalksteinmehl zu Agarnährböden oder Nadelstreusubstrat haben das Wachstum von Mykorrhizapilzen auffallend gehemmt.

von B. H. (1980) ...

Für Zeolith und Bentonit war in keinem Fall eine Hemmwirkung festzustellen.

Am Beispiel von Biovin wird gezeigt, daß Humuskomponenten organischer Dünger das Mycelwachstum bestimmter Mykorrhizapilze begünstigen. Die Förderung der Mykorrhizabildung im Freiland wurde unter anderem bei Anwendung in Pflanzgärten (GÖBL 1989) nachgewiesen.

Die Förderung von streubesiedelnden Pilzen, beziehungsweise die starke Förderung parasitischer Pilzarten durch organische Dünger, wurde im Freiland bisher nicht überprüft.

Nach bisherigen Ergebnissen ist der rasch durchführbare Test geeignet, mögliche Wirkungen bestimmter Substrate auf symbiotische, streubesiedelnde und holzzerstörende Pilze abzuschätzen.

4. Zusammenfassung

Der Einfluß verschiedener Steinmehle und Dünger auf das Mycelwachstum von Pilzarten, die im Gleingraben häufig vorkommen, wurde sowohl auf Agarnährböden als auch auf Nadelstreu geprüft. Mykorrhizapilze reagierten auf die meisten Steinmehlsorten mit leichter Förderung oder leichter Hemmung, auf Kalksteinmehl mit deutlicher Hemmung. Streubesiedelnde Pilze erfuhren im allgemeinen eine mäßige bis gute Wachstumsförderung. Der getestete Schadpilz *Heterobasidion*, sowie ein Stamm von *Armillariella* reagierten auf organische Dünger mit auffallender Förderung. Bisher konnten für einige Substrate Parallelen zwischen Labortest und Versuchen im Freiland aufgezeigt werden. Demnach kann der Test zur Abschätzung von Veränderungen des Pilzartenspektrums durch Meliorationsmaßnahmen herangezogen werden.

Literatur

- DEVEVRE, O., ROEBERT, M.F. UND GARBAYE, J., 1993: *Erste Resultate über den Effekt von Kalkung auf die Pilzpopulation (Saprophyten) im Ah-Horizont eines Fichtenwaldbodens in Frankreich (Vogesen)*. Forstw. Cbl. 112, 101-107.
- GÖBL, F., 1984: *Eignung von Traubentresterkomposten für die Anzucht von Mykorrhizapilzen und von Forstpflanzen*. Allgemeine Forstzeitung, Informationsdienst der Forstl. Bundesversuchsanstalt, 222. Folge.
- GÖBL, F., 1989: *Biologische Forstpflanzenanzucht*. Österreichische Forstzeitung, 12.
- GÖBL, F., 1990: *Mykorrhiza- und Feinwurzeluntersuchungen im Waldschadensgebiet Gleingraben und Gleinalpe (Stmk.)*. III. Mitt. d. Forstl. Bundesversuchsanstalt Wien, 163/III, 5-31.
- GÖBL, F., 1993: *Biologische Eignungsprüfung für Containersubstrate*. Österreichische Forstzeitung, 2, 16-17.
- KATTNER, D., 1992: *Langzeitwirkung einer Calciumdüngung auf die Besiedlung von Fichtenwurzeln durch Mikropilze*. Allg. Forst- u. Jagdzeitung, 163 Jg., 7/8, 138-142.
- SNOEK, H. U. WÜLFRAF, H., 1983: *Das Buch vom Steinmehl*. Orak-Pietsch-Verlag, Wien.
- TOMICZEK, CH., 1990: *Forstpathologische Erhebungen im Gebiet der Glein. Wurzel- und Stammsfäuleuntersuchungen an Fichten*. Mitt. d. Forstl. Bundesversuchsanstalt Wien, 163/III, 39-57.

Tabelle 1:

Wuchsverhalten einiger Testpilze auf Agrarnährböden bei Zusatz von Biolith und Biovin

Testpilze	Biolith	Biovin	Biolith + Biovin
<i>Xerocomus badius</i> *	1	1 - 2	1
<i>Xerocomus chrysenteron</i> *	1	1	1 - 2
<i>Boletus edulis</i> 1*	0 - 1	1	1
<i>Boletus edulis</i> 2*	1	1	1
<i>Paxillus involutus</i> *	1 - 2	1 - 2	2
<i>Lepista nuda</i> +	1	2	2
<i>Laccaria laccata</i> *	1	1 - 2	2
<i>Amanita rubescens</i> 1*	0 - 1	2	2
<i>Amanita rubescens</i> 2*	1 - 2	1	2
<i>Macrolepiota procera</i> +	1	2	2
<i>Lactarius deterrimus</i> *	0 - 1	2	1
<i>Armillariella spec.</i> °	1	3	3
<i>Heterobasidion annosum</i> °	1 - 2	3	3

*Mykorrhizapilz, +Streubesiedler, °Schadpilz

Beurteilung der Wachstumsbeeinflussung gegenüber Standardnährböden:

3 - starke Förderung

2 - mäßige Förderung

1 - keine Förderung

0 - Hemmung

Tabelle 2:

Wuchsverhalten von *Heterobasidion annosum* und von *Armillariella* auf Agrarnährböden bei Zusatz von Biolith und Biovin

Testpilze (Versuchsdauer)	Kontrolle	Myceldurchmesser in mm	
		+ Biolith	+ Biovin
<i>Heterobasidion</i> (6 Tage)	47	46	72
<i>Armillariella</i> (12 Tage)	20	18	65

Tabelle 3:

Wuchsverhalten von Mykorrhizapilzen auf Nadelstreu (Gleingraben) bei Zusatz verschiedener Testsubstrate

Versuchsdauer 21 Tage Testsubstrat	Myceldurchmesser in mm		
	<i>Boletus edulis</i>	<i>Amanita rubescens</i>	<i>Laccaria laccata</i>
Kontrolle	20	30	35
Biovin	38	35	50
Biolith	18	25	30
Zeolith	25	30	40
Basaltmehl	28	30	35
Bentonit	25	30	40
Folin	-	-	-
Kalksteinmehl	12	12	20

Tabelle 4:

Wuchsverhalten von *Heterobasidion annosum* auf Nadelstreu verschiedener Standorte und auf Torf organischer und anorganischer Testsubstrate

Versuchsdauer 6 Tage Substrat	Myceldurchmesser in mm				
	Kontrolle	+Biovin	+Biosol	+Biolith	+Blaukorn
Nadelstreu					
Gleingraben	45	68	68	55	09
Nadelstreu					
Klausboden	50	88	88	55	08
Torf	47	82	84	53	09

Tabelle 5:

Wuchsverhalten von *Armillariella spec.* auf Torf und bei Zusätzen von Steinmehl, anorganischen und organischen Düngern; Mittelwerte für Gewichte und Längen der Rhizomorphen

Substrat	Versuchsdauer 10 Wochen	
	Trockengewicht (g)	Länge (mm)
Torf	0,0051	100
+Biolith	0,0085	n.b.
+Blaukorn	0,0068	n.b.
+Biovin	0 0440	2317

Einfluß von Düngung und Kronenzustand auf das Zuwachsverhalten von Fichten

GÜNTER RÖSSLER

Institut für Waldwachstum und Betriebswirtschaft, Forstliche Bundesversuchsanstalt

Kurzfassung: Der Einfluß von Nadelverlust und Düngung auf das Wachstum von Fichten wurde an insgesamt 205 Bäumen untersucht, wobei sowohl Stamm- als auch Bohrkernanalysen durchgeführt wurden. Es konnte festgestellt werden, daß die Düngung bei jüngeren Bäumen bis zu einem Alter von ungefähr 60 Jahren eine Zuwachssteigerung hervorgerufen hatte. Bei älteren Bäumen waren jedoch keine positiven Zuwachsreaktionen erkennbar. Deutliche Unterschiede in der Zuwachsleistung hat der Vergleich von Bäumen mit unterschiedlichem Nadelverlust ergeben. Bäume mit stark verlichteten Kronen zeigen deutliche Zuwachsrückgänge, bei Bäumen mit schwach verlichteten Kronen waren jedoch keine Zuwachsreaktionen nachweisbar. Es konnte festgestellt werden, daß ab einem Nadelverlust von 30% eindeutige Zuwachsrückgänge auftreten.

Schlüsselworte: Fichte, Stammzuwachs, Nadelverlust, Düngung, Kronenzustand

Abstract: [Increment of Norway spruce as influenced by fertilization and crown condition.] Influence of needle loss and fertilization on increment of Norway spruce was investigated by stem- and core analysis at 205 trees.

Increased growth rates due to fertilization were observed for immature individuals younger than sixty years. Older trees had no positive growth reaction. Significant differences of increment rates were found comparing trees with different crown conditions. Trees with needle losses greater than 30 % showed decreasing increment rates. Between trees with slightly and not defoliated crowns there were no differences.

Keywords: Norway spruce, bole increment, needle loss, fertilization, crown condition

1. Einleitung und Zielsetzung

Die zuwachskundliche Untersuchung nimmt im Rahmen der Waldwachstumsforschung und im speziellen der Waldschadenserfassung eine zentrale Rolle ein. Die Beurteilung des Zuwachsverlaufes läßt Rückschlüsse zu, ob und mit welcher Intensität ein Baum sowohl auf negative als auch positive Einflußfaktoren durch erhöhte

Ernährungssituation der Bäume zu verbessern. Im Bereich des Gleinalmgebietes wurde durch umfangreiche Düngungsmaßnahmen ebenfalls versucht, den Gesundheitszustand der Bäume zu verbessern. Vorrangiges Ziel dieser Düngungsversuche war nicht das Erreichen einer Zuwachssteigerung, sondern in erster Linie eine Verbesserung der Vitalität der geschädigten Bäume. Da jedoch zwischen Gesundheitszustand und Zuwachsverhalten eines Baumes ein enger Zusammenhang besteht, wird im Rahmen dieser Arbeit untersucht, ob und in welchem Ausmaß unterschiedliche Zuwachsreaktionen bei gedüngten und ungedüngten Bäumen feststellbar sind.

Weiters sollen Bäume mit unterschiedlichen Kronenzustandsformen hinsichtlich einer Beziehung zwischen Nadelverlust und Zuwachsrückgang untersucht werden. Es soll ein Beitrag zur Beantwortung der Frage geleistet werden, ab welcher Benadelungsdichte Zuwachsdepressionen auftreten können.

2. Lage der Probeflächen

Die Bereiche für die Fällung von Analysebäumen und der Werbung von Bohrkernen waren großteils durch bereits bestehende Dauerbeobachtungsflächen vorgegeben. Es handelt sich um Probeflächen, die 1986 eingerichtet wurden, um die Veränderungen des Kronenzustandes in- und außerhalb von Düngebereichen zu untersuchen (Probeflächen 3,4,8,9,10,11,13,14,15,16). Um das Zuwachsverhalten an jungen Beständen zu untersuchen, wurden noch weitere 7 Bereiche in ungefähr 50jährigen Fichtenbeständen festgelegt, wo ebenfalls sowohl Stammscheiben als auch Bohrkern genommen wurden (Probeflächen 17 bis 23).

Es stand daher Probenmaterial aus dem Bereich von insgesamt 17 Probeflächen (10 nördlich und 7 südlich des Gleingrabens) zur Verfügung, wobei sich 10 Probeflächen innerhalb und 7 Probeflächen außerhalb der gedüngten Gebiete befinden. Die genaue Lage der einzelnen Probeflächen ist in Abbildung 1 dargestellt.

3. Standort- Bestandesdaten der Probeflächen

	Probefläche: 3	Probefläche: 4	Probefläche: 8	Probefläche: 9
Seehöhe(m)	1500	1320	1280	1200
Exposition	SO	S	N	N
Hangneigung(%)	55	20	60	45
Geländeform	Mittelhang	Mittelhang	Mittelhang	Mittelhang
Bodentyp	Braunerde	Braunerde	Braunerde	Braunerde
Baumart	10 Fi	9 Fi, 1 Lä	10 Fi	9 Fi, 1 Lä
Mittleres Alter	124	90	80	80
Oberhöhe(m-gerundet)	22	33	22	27

Seehöhe(m)	Probefläche: 10 1280	Probefläche: 11 1350	Probefläche: 13 1280	Probefläche: 14 1170
Exposition	NO	NO	NW	NO
Hangneigung(%)	45	50	45	50
Geländeform	Mittelhang	Mittelhang	Mittelhang	Mittelhang
Bodentyp	Braunerde	Braunerde	Braunerde	Braunerde
Baumart	8 Fi, 2 Lä	9 Fi, 1 Lä	8 Fi, 2 Lä	10 Fi
Mittleres Alter	130	130	92	108
Oberhöhe(m-gerundet)	40	40	25	38
Schlußgrad	locker	locker	locker	geschlossen
Grundfläche(m ²)	49	43	43	56
Wasserhaushalt	mäßig frisch	mäßig frisch	mäßig frisch	mäßig frisch
Vegetation	Vergrasung	Vergrasung	Vergrasung	Sauerklee
Seehöhe(m)	Probefläche: 15 1200	Probefläche: 16 1340	Probefläche: 17,18,19,20 1280	
Exposition	NW	S	O	
Hangneigung(%)	20	40	60	
Geländeform	Mittelhang	Mittelhang	Mittelhang	
Bodentyp	Braunerde	Braunerde	Braunerde	
Baumart	9 Fi, 1 Lä	8 Fi, 2 Lä	10 Fi	
Mittleres Alter	93	106	50	
Oberhöhe(m-gerundet)	33	32	17	
Schlußgrad	locker	locker	locker	
Grundfläche(m ²)	45	52	31	
Wasserhaushalt	mäßig frisch	mäßig frisch	mäßig frisch	
Vegetation	Vergrasung	Vergrasung	Vergrasung	
Seehöhe(m)	Probefläche: 23 1060	Probefläche: 21,22 1080		
Exposition	eben	NW		
Hangneigung(%)	0	70		
Geländeform	Mittelhang	Mittelhang		
Bodentyp	Braunerde	Braunerde		
Baumart	10 Fi	10 Fi		
Mittleres Alter	58	52		
Oberhöhe(m-gerundet)	28	22		
Schlußgrad	locker	geschlossen		
Grundfläche(m ²)	47	41		
Wasserhaushalt	frisch	frisch		
Vegetation	AHD	AHD		

4. Düngungszeitpunkt und Düngungsvarianten

Probefläche 3:	1986	50l/ha Wuxal	Probefläche 18:	1989	4150 kg/ha Biomag-RK + Bactosol 2:1
Probefläche 4:		keine Düngung	Probefläche 19:	1989	6250 kg/ha Biomag-KR
Probefläche 8:		keine Düngung	Probefläche 20:		keine Düngung
Probefläche 9:	1986	100l/ha Wuxal	Probefläche 21:	1986	600 kg/ha Nitramoncal 200 kg/ha Patentkali 1000 kg/ha Kohlensaurer Kalk
Probefläche 10:	1986	50l/ha Wuxal			
Probefläche 11:		keine Düngung			
Probefläche 13:		keine Düngung			
Probefläche 14:	1986	50l/ha Wuxal			

5. Methodik

5.1 Methodik der Aufnahme

Auf den 17 Probeflächen wurden insgesamt 80 Probestämme gefällt. Maßgebliche Kriterien für die Eignung als Probestamm waren:

- keine Randbäume,
- soziale Stellung (herrschend oder vorherrschend),
- keine Beeinflussung durch Entfernung eines Konkurrenten,
- keine mechanischen Verletzungen,
- keine einseitigen Kronenformen,
- keine Ersatzwipfelbildung.

Ergänzend zur Stammscheibenwerbung wurden noch an 125, gemäß den vorhin erwähnten Kriterien ausgewählten Bäumen 2 Bohrkerne je Baum gezogen.

Es wurde versucht, die Auswahl der Probestämme derart zu gestalten, daß die Kronenzustandsform der Probestämme einem repräsentativen Querschnitt des jeweiligen Bestandes im Bereich der einzelnen Probeflächen entspricht.

Aus den Analysestämmen wurden durchschnittlich 8 bis 10 Stammscheiben gewonnen, wobei die erste Scheibe zwingend in Brusthöhe, die restlichen Scheiben je nach Ausformung sowie im Wipfelbereich in Meterabständen entnommen wurden. An den gefällten Analysebäumen erfolgte eine Vermessung des Stammes hinsichtlich Abschnittshöhen der Stammscheiben, Kronenansatz, Kronenlänge, Baumlänge sowie die Aufnahme von biotischen und abiotischen Schädigungen. Am 3., 7., 11. und 20. Quirl wurden die mittleren Benadelungsprozente erhoben.

Die Erhebung der Einzelbaummerkmale (soziale Stellung, Schäden, BHD, Höhe, Kronenradien, Kronenzustand) sowohl für die Bohrkernprobestämme als auch der Konkurrenten der Probestämme erfolgte im Zuge der Lagekartierung der Analysebäume.

5.2 Methodik der Auswertung

Nach Vorbereitung und Messung der Stammscheiben und Bohrkerne wurde die Referenzprüfung (Prüfung auf fehlende Jahrringe) durchgeführt. Bäume mit sehr unregelmäßigen Jahrringbreitenserien sowie mit eindeutigen Lichtungseffekten im Zuwachsverlauf wurden vor Durchführung der einzelnen Berechnungen ausgeschieden, weil erstens eine sinnvolle Berechnung durch die angewandte Methodik nicht möglich wäre und zweitens käme es durch Miteinbeziehung dieser Meßserien zu Verzerrungen der Ergebnisse. Aus den vorhin erwähnten Gründen mußten die Meßserien von 8 Bäumen ausgeschieden werden. 1 Baum war entfallen und daher nicht meßbar, von 2

Die Berechnungen im Rahmen dieser Untersuchung umfassen sowohl die Radialzuwachsleistung in Brusthöhe als auch den Höhen- und Volumenzuwachs, wobei jedoch zu beachten ist, daß jährliche Höhen- und Volumenzuwachsberechnungen nur an Bäumen durchgeführt werden konnten, bei denen Stammscheiben gewonnen wurden. Bei den Beurteilungen des jährlichen Radialzuwachses in Brusthöhe wurden sowohl die Messungen der BHD-Scheiben als auch die Messungen der Bohrkerne verwendet.

Aus diesem Grund ergab sich somit eine unterschiedliche Anzahl von Probestämmen, die bei der Mittelbildung der einzelbaumweisen Berechnungen innerhalb einer Probestfläche einerseits für den Volumenzuwachs und andererseits für den Radialzuwachs in Brusthöhe zusammengefaßt wurden.

Unter Berücksichtigung dieses Unterschiedes müssen daher die Ergebnisse der mittleren Radial- und Volumenzuwachsentwicklung der Probestämme einer Probestfläche bewertet werden.

Um die Vergleichbarkeit der Zuwächse zwischen Probestämmen unterschiedlicher Probestflächen sinnvoll zu ermöglichen, wurden die einzelnen Zuwachsserien durch einen regressionsanalytischen Ausgleich definiert, wobei bei den älteren Probestämmen der Beginn des Berechnungszeitraumes mit dem Jahre 1935 festgesetzt wurde (Probestflächen 3, 4, 8, 9, 10, 11, 13, 14, 15, 16). Bei den Probestämmen der Probestflächen 17 bis 23 konnte mit der Berechnung der Regressionskoeffizienten aufgrund des geringen Alters erst mit dem Jahre 1960 begonnen werden. Im Falle der im Jahre 1986 gedüngten Probestämme wurde der Untersuchungszeitraum mit der Periode 1986 bis 1991 festgelegt. Das bedeutet, daß die Ausgleichskurve bis zum Jahre 1985 berechnet und durch Extrapolation in den Ausgleichszeitraum hinein verlängert wurde (Extrapolationsmethode). Nach dieser Methode erfolgte auch die Berechnung bei den ungedüngten Probestämmen, um einen direkten Vergleich zu ermöglichen. Bei den Probestämmen der Probestflächen 17 bis 20 (Düngung 1989) endet der Berechnungszeitraum im Jahre 1988 und der Untersuchungszeitraum erstreckt sich von 1989 bis 1991.

Bei der Definition der Jahrringbreitenserien kam der Funktionstyp $\ln y = a + b \cdot \ln x$, beim Ausgleich des jährlichen Volumenzuwachses die Funktion $y = a + b/x$ zur Anwendung ($y =$ jährlicher Zuwachs, $x =$ Kalenderjahr).

Die Verhältniszahl von gemessenen zu den durch Regression berechneten Werten wird durch den Jahrring- oder Volumenindex ausgedrückt. Werden diese Indices von unterschiedlich beeinflussten Bäumen miteinander verglichen, so erhält man durch diese sogenannte "doppelte Indexbildung" den relativen Index, der als direktes Maß für einen unterschiedlichen Wachstumstrend innerhalb des vorgegebenen Untersuchungszeitraumes angesehen werden kann.

Weiters wurde noch ein Periodenvergleich der Radial-, Höhen- und Volumenzuwachsleistung durchgeführt. Es wurden die mittleren jährlichen Zuwächse innerhalb

stellt, um auch anhand dieser Methodik mögliche Trendabweichungen des Zuwachsverhaltens erkennen zu können.

Die Beurteilung des Zuwachsverlaufes der Probestämme mit unterschiedlicher Benaudungsdichte erfolgte ebenfalls anhand eines Vergleiches der berechneten Indices. Das Ende des Berechnungszeitraumes wurde mit 1985 festgelegt, weil bei einem Großteil der Probestämme mit deutlichen Kronenverlichtungserscheinungen ab dem Jahr 1986 Zuwachsreaktionen erkennbar waren.

6. Ergebnisse

6.1 Ertragskundliche Kenndaten

Die Berechnung der mittleren Kenndaten der Probestämme bezieht sich auf das Jahr 1991.

Auffallend sind die teilweise großen Unterschiede der H/D-Werte. Vor allem die Probestämme in den jungen Beständen weisen in einem Alter von 50 Jahren H/D-Werte bis 97 auf. Auch bei den 93jährigen Probestämmen im Bereich der Probestfläche 15 liegt der H/D-Wert mit 93 sehr hoch. Interessant erscheint auch der Vergleich der mittleren Kenndaten der Probestämme auf den direkt vergleichbaren Probestflächen 8 und 9. Es treten beim Brusthöhendurchmesser Unterschiede von 6,6 cm, in der Baumhöhe von 4,8 m und im durchschnittlichen Baumvolumen von 0,57 Vfm o.R. auf. Die Formzahl zeigt ebenfalls im Vergleich der einzelnen Probestflächen eine große Streuung. Der tiefste mittlere Wert der einzelnen Probestämme tritt bei den 130jährigen Bäumen auf der Probestfläche 11 mit einem Betrag von 0,384 auf. Der höchste mittlere Formzahlwert liegt bei 0,488 (Probestfläche 20).

Die mittleren ertragskundlichen Kenndaten der Analysebäume sind in Tabelle 1, die mittlere jährliche Zuwachsleistung (Radial, Höhe, Volumen) für zwei 6jährige Perioden in Tabelle 2 zusammengefaßt.

6.2 Höhenentwicklung

Der mittlere jährliche Höhenzuwachs der einzelnen Probestflächen schwankt in der Periode 1986-1991 zwischen 5 und 45 cm (Tabelle 2).

Es wurde versucht die mittlere Höhenentwicklung der Probestämme der einzelnen Probestflächen mit Ertragstafelangaben zu vergleichen, wobei die Ertragstafel "Fichte-Bruck/Mur" herangezogen wurde. Es hat sich gezeigt, daß in den meisten Fällen die Ertragstafelwerte dem tatsächlichen Verlauf der Höhenentwicklung nicht entsprechen

steiler, als dies aufgrund der Ertragstafelwerte zu erwarten wäre (Abbildung 2a - q). Dieser von der Ertragstafel abweichende Höhenwachstumsgang bewirkt eine laufende Bonitätsänderung. Es kommt teilweise zu Bonitätsveränderungen über mehrere Stufen. Die Probestämme der Probestfläche 23 weisen im Alter 20 eine Bonität von 8 auf und liegen im Alter 60 bei einer Bonitätsstufe von 13. Auch bei älteren Beständen ist diese Entwicklung erkennbar. Beträgt etwa bei den Probestämmen der Probestfläche 11 die Bonität bei einem Alter von 20 Jahren 7, so steigt sie im Alter 120 auf 12,8. Einen weiteren markanten Bonitätsanstieg zeigen die Bäume der Probestfläche 4, die innerhalb von 60 Jahren einen Anstieg von 7 auf 11 aufweisen. Die Bonitätsveränderungen sind in Abbildung 3 am Beispiel von 7 Probestflächen dargestellt.

6.3 Einfluß der Düngung

Im Periodenvergleich der Zuwächse 1986-1991 gegenüber der Periode 1980-1985 (1986 gedüngte Probestämme) und 1989-1991 zu 1986-1988 (Düngung 1989) wurden die Zuwachsleistungen der letzten Periode (in % zur Vorperiode) den Zuwächsen von ungedüngten Probestämmen vergleichbarer Probestflächen gegenübergestellt und infolge der Unterschiede in der Zuwachsentwicklung in Form von relativen Indices ausgedrückt (Tabelle 3).

Eindeutig erkennbare Zuwachsrückgänge in der Periode 1986-1991 im Vergleich zu den ungedüngten Probestämmen sind im Bereich der Probestfläche 3 erkennbar, die sowohl im Radialzuwachs in Brusthöhe, im Volumenzuwachs sowie im Höhenzuwachs auftreten. Eine wesentliche Zuwachssteigerung zeigen die Bäume auf der Probestfläche 9, die im Radialzuwachs eine Erhöhung der Zuwachsleistung um 45% und in der Volumenzuwachsleistung um 37 % erkennen lassen.

Eine erhöhte Zuwachsleistung zeigen auch die 50jährigen Probestämme der Probestfläche 18 im Zeitraum von 1989 bis 1991 sowohl im Radial- als auch Volumenzuwachs. Sie liegt zwischen 24 % und 33 %. Die Zusammenfassung aller im Jahre 1986 gedüngten Probestämme ergibt für den Zeitraum 1986-1991 einen mittleren relativen Jahrringindex von 106,0 %, einen mittleren relativen Volumenindex von 102,5 % und einen Höhenindex von 105,9 %.

Die mittleren relativen Indices, der im Jahre 1989 gedüngten Probestämme liegen bei 115,8 % (Jahrringindex), 111,6 % (Volumenindex) und 126,0 % (Höhenindex).

Gesamt gesehen kann festgestellt werden, daß mittels dieser Methodik eindeutige Zuwachssteigerungen bei gemeinsamer Berücksichtigung sowohl des Radialzuwachses in Brusthöhe als auch des Volumenzuwachses nur im Bereich von 2 Probestflächen (Probestfläche 9 und 18) erkennbar waren.

Die Berechnung der Jahrring- und Volumenindices durch Extrapolation zeigt auf

des Untersuchungszeitraumes von 1986 bis 1991. Den höchsten Jahrringindex mit 130,5 % erreichten die Probebäume der Probefläche 9, die höchsten Volumenindices liegen bei 117,9 % (Probefläche 11 - 1986 gedüngt) und bei 119,2 % (Probefläche 18 - 1989 gedüngt).

Auffallend sind die tiefen Jahresindices der Probeflächen 15, 20 und 23, wobei die Volumenindices der Probebäume dieser Probeflächen etwa der erwarteten Zuwachseleistung entsprechen. Das bedeutet, daß die Probebäume, an denen Bohrkernproben gezogen wurden, im Gegensatz zu den Probebäumen, an denen Stammanalysen durchgeführt wurden, in den letzten Jahren einen Zuwachsrückgang aufweisen und es daher zu den vorliegenden Unterschieden zwischen Jahrring- und Volumenindices kommt (Tabelle 4, Abbildung 4).

Diese Differenzen beeinflussen folglich auch die Berechnung der relativen Indices beim Vergleich von gedüngten und ungedüngten Probebäumen. Besonders deutlich tritt dies bei den mittleren relativen Indices der Probebäume auf den Probeflächen 17, 18, 19 sowie 21 und 22 auf (Tabelle 5). Im Mittel beträgt die Höhe der relativen Jahrringindices der Probeflächen 17, 18 und 19 142,8 %, wobei der relative Volumenindex bei 103,5 % liegt. Bei Betrachtung der Indices innerhalb des Untersuchungszeitraumes 1989-1991 ist erkennbar, daß auf allen 3 Probeflächen die Radialzuwachsleistung in den letzten beiden Jahren im Vergleich zu den ungedüngten Probebäumen der Probefläche 20 ansteigt (Abbildung 5a). Bei den relativen Volumenzuwachsindices ist im Jahr 1991 ebenfalls bei allen 3 Probeflächen ein Ansteigen der Zuwachseleistung erkennbar (Abbildung 5b).

Die mittleren relativen Indices der Probeflächen 21 und 22 betragen im Untersuchungszeitraum 1986-1991 für die Radialzuwachsleistung in Brusthöhe 129,3 % und für die Volumenleistung 103,7 % im Vergleich zu den Probebäumen der Probefläche 23. Der Zuwachsanstieg ist ab dem Jahre 1986 sowohl bei der Radial- als auch Volumenzuwachsentwicklung erkennbar, nach 1988 tritt jedoch wieder ein Absinken der Zuwächse auf (Abbildung 6a, b).

Die Zusammenfassung der relativen Indices aller im Jahre 1986 gedüngten Probebäume ergab einen relativen Jahrringindex von 111,7 % und einen Volumenindex von 96,6 % im Untersuchungszeitraum 1986-1991. Auch bei diesen Probebäumen ist ab 1986 ein leichter Anstieg der Zuwachsentwicklung bis zum Jahr 1988 erkennbar (Abbildung 7).

Zusammenfassend kann festgestellt werden, daß bei Betrachtung der Ergebnisse der Radialzuwachsleistung in Brusthöhe vor allem bei den jüngeren gedüngten Probebäumen im Vergleich zu den ungedüngten Probebäumen eine Zuwachssteigerung in den jeweiligen Untersuchungszeiträumen auftritt. Bei der Beurteilung der Volumenzuwachsleistung konnte jedoch im Mittel weder bei den jüngeren noch bei älteren Probebäumen für den gesamten Untersuchungszeitraum eine eindeutige

6.4 Einfluß des Nadelverlustes

Die Zusammenfassung der einzelnen Probestämme erfolgte in 4 verschiedenen Kronenverlichtungsstufen, wobei folgende Grenzen für die Zuordnung ausschlaggebend waren:

- keine Kronenverlichtung-Nadelverlust bis $1/6$ der Nadelmasse,
- schwache Kronenverlichtung-Nadelverlust $1/6$ bis $1/3$ der Nadelmasse,
- mittlere Kronenverlichtung-Nadelverlust $1/3$ bis $1/2$ der Nadelmasse,
- starke Kronenverlichtung-Nadelverlust größer als $1/2$ der Nadelmasse.

Eindeutige Unterschiede in der Zuwachsleistung der Probestämme mit unterschiedlicher Intensität des Nadelverlustes treten in den Bereichen der Probestämme mit mittel bis stark verlichteten Kronen im Vergleich zu den Probestämmen ohne Kronenverlichtung auf.

Die Beurteilung des Radialzuwachsverlaufes in den einzelnen Kronenverlichtungsstufen erfolgte anhand folgender unterschiedlich gebildeter Kollektive:

- a) Gesamtkollektiv (alle gedüngten und ungedüngten Probestämme),
- b) gedüngte und ungedüngte Probestämme ohne Probestämme der Probestflächen 17 bis 23,
- c) ungedüngte Probestämme.

Es hat sich jedoch gezeigt, daß sich die einzelnen Berechnungsergebnisse der mittleren relativen Jahrringindices zwischen den unterschiedlich gebildeten Kollektiven kaum unterscheiden (Tabelle 6, Abbildung 9, 10, 11, 12). Die Differenzierung der Radialzuwachsentwicklung der mittel bis stark verlichteten Probestämme im Vergleich zu den Probestämmen "ohne über das natürliche Ausmaß hinausgehende Nadelverluste" beginnt bei den stark verlichteten Probestämmen etwa ab 1986, bei den im Jahre 1991 mittel verlichteten Probestämmen 2 Jahre später. Bei der Bildung von relativen Jahrringindices für 3jährige Perioden zeigt sich, daß die mittel verlichteten Probestämme in der Periode 1986-1988 noch eine den unverlichteten Probestämmen entsprechende Zuwachsleistung aufweisen, in der Periode 1989-1991 jedoch bereits deutliche Zuwachsdepressionen zeigen. Der Zuwachsverlauf der stark verlichteten Probestämme weicht bereits in der Periode 1986-1988 deutlich vom Zuwachsniveau der Vergleichsprobestämme ab, um in der Periode 1989-1991 auf unter 50 % abzusinken (Tabelle 6, Abbildung 13).

Beim Vergleich der Radialzuwachsleistung von Probestämmen mit schwacher und Probestämmen ohne Kronenverlichtung konnten keine Unterschiede festgestellt werden. Das bedeutet, daß die Probestämme trotz einem über das natürliche Ausmaß hinausgehenden Nadelverlust noch keine Zuwachsreaktionen zeigten. Eindeutige Zuwachsrückgänge waren aufgrund der Ergebnisse somit erst ab einem Nadelverlust von ungefähr 30 % nachweisbar.

Auf die Berechnung der relativen Volumenindices mußte wegen der geringen Pro-

Probenumfanges erscheint es nicht sinnvoll und zielführend, vergleichende Berechnungen sowie eine Interpretation der Ergebnisse durchzuführen.

7. Diskussion

In den letzten Jahren wurde in einigen Untersuchungen auf eine allgemein positive Zuwachsentwicklung der Bäume hingewiesen. BRÄKER (1989) berichtete bei unverlichteten Fichten und Tannen über einen Zuwachsanstieg seit 1980. Zu ähnlichen Ergebnissen gelangten auch KENK (1986) und NEUMANN (1993). Dieser Zuwachstrend konnte jedoch bei den untersuchten Probestämmen aus dem Gleingraben nicht festgestellt werden.

Beim Vergleich der Höhenentwicklung mit Ertragstafelangaben wurde die von MARSCHALL (1975) für das Untersuchungsgebiet empfohlene Ertragstafel "Fichte Bruck/Mur" herangezogen. Es wurden wesentliche Abweichungen des Wachstumsganges von den Modellvorstellungen der Ertragstafel festgestellt. Bonitätssprünge in ähnlicher Höhe wies auch NEUMANN (1993) bei Fichten im Österreichischen Zentralalpengebiet nach. Auch in anderen Untersuchungen wurden bereits derartige Abweichungen aufgezeigt (STERBA 1984, RÖHLE 1985).

Das Hauptziel vieler Düngungsversuche war eine Steigerung der Zuwachsleistung. Eine derartige Mehrzuwachsleistung durch Düngung sowie deren Wirtschaftlichkeit wurde bei Versuchen in Österreich unter anderem von POLLANSCHÜTZ (1974) und JOHANN (1993) nachgewiesen.

Mit dem Zunehmen der "neuartigen" Waldschäden wurde durch Düngung weiters versucht, die Vitalität der Bäume durch eine Verbesserung der Nährstoffsituation zu erhöhen. Mit rasch wirksamen Düngern soll versucht werden, Ernährungsstörungen abzumildern, beziehungsweise zu beseitigen. Eine gezielte, harmonische und richtig dosierte Düngung führt in jungen sowie alten Beständen zu einer raschen Revitalisierung (HÜTTL 1987, BAULE 1984).

Aufgrund dieser Überlegungen wurden im Gleingraben eine Reihe von Düngungsversuchen angelegt (KILIAN 1989). Da zwischen dem Wachstum und der Vitalität eines Baumes ein direkter Zusammenhang besteht (KENK 1989), wurde im Rahmen dieser Arbeit untersucht, inwieweit die Düngung die Zuwachsleistung beeinflusst. Es konnte jedoch kein eindeutiger Zusammenhang zwischen Zuwachsverlauf und Düngung nachgewiesen werden.

Die einzelnen Untersuchungen des Zusammenhanges zwischen Nadel-/Blattverlust und Zuwachsverlust zeigen unterschiedliche Ergebnisse. KENK (1986) findet Zuwachsverluste bei Fichten erst ab 40 % Nadelverlust, ECKMÜLLNER (1990) weist Zuwachsverluste bereits ab 20 % Nadelverlust nach. RÖHLE (1986) konnte bei einem Nadelverlust von 20-40 % Minderwüchsen in einer Gefäßanordnung bis 40 % nach

(1987). Bei der Untersuchung des Zuwachsverlaufes der Probestämme aus dem Gebiet des Gleingrabens wurden Zuwachsverluste ab einem Nadelverlust von 30 % festgestellt, wobei zu beachten ist, daß die Differenzierung der Zuwachsentwicklung der mittel bis stark verlichteten Bäume erst in den letzten Jahren erfolgte und kein längerfristiger Zuwachsrückgang feststellbar war (vgl. EICHKORN 1986).

8. Zusammenfassung

Im Rahmen dieser Untersuchung wurde der Versuch unternommen, einen Einfluß der im Gleingrabens durchgeführten Düngungsversuche auf die Zuwachsleistung der Bäume nachzuweisen. Weiters sollte untersucht werden, inwieweit ein Zusammenhang zwischen Nadelverlust und Zuwachs besteht.

Es wurden insgesamt 80 Analysebäume gefällt und an weiteren 125 Bäumen Bohrkerngezogen, wobei die einzelnen Probestflächenbereiche sowohl innerhalb als auch außerhalb der Düngungsbereiche ausgewählt wurden.

Die Ergebnisse haben gezeigt, daß in der Höhenentwicklung der einzelnen Probestämme im Vergleich zu den Ertragsstafelwerten erhebliche Differenzen auftreten. Die Höhenentwicklung verläuft in der Regel wesentlich steiler als es aufgrund der Ertragsstafel zu erwarten wäre und es daher auch zu laufenden Bonitätsveränderungen kommt. Es konnten Bonitätsveränderungen in einer Höhe von über 5 Stufen nachgewiesen werden.

Der Vergleich der Zuwächse der gedüngten und ungedüngten Probestämme hat ergeben, daß bei Betrachtung der Radialzuwachsleistung in Brusthöhe vor allem bei den jüngeren gedüngten Probestämmen im Vergleich zu den ungedüngten Probestämmen eine Zuwachssteigerung ab dem Zeitpunkt der Düngung auftritt. Bei der Beurteilung des Volumenzuwachses konnten jedoch weder bei jungen noch bei älteren Probestämmen eindeutige Zuwachssteigerungen festgestellt werden.

Deutliche Unterschiede in der Zuwachsleistung hat der Vergleich der Radialzuwächse von Bäumen mit unterschiedlichem Nadelverlust ergeben. Probestämme mit stark verlichteten Kronen zeigen im Vergleich zu den Bäumen ohne Kronenverlichtung ab 1986 deutliche Zuwachsdepressionen. Bei den Probestämmen mit einer mittleren Kronenverlichtung beginnen diese Zuwachsrückgänge 2 Jahre später. Die Probestämme mit schwachen Kronenverlichtungen zeigen keine Zuwachsreaktionen gegenüber Probestämmen ohne Kronenverlichtung. Es kann somit zusammenfassend festgestellt werden, daß bei den untersuchten Probestämmen etwa ab einem Nadelverlust von 30 % Zuwachsrückgänge nachgewiesen werden konnten.

Literatur

- BAULE H. 1984: *Forstpflanzenernährung und Walderkrankungen. Arbeitstechnisches Merkheft der Waldarbeit* Nr. 48.
- BRÄKER O.U. 1989: *Ergebnisse zum Baumwachstum aufgrund von Jahrringanalysen an Bohrkernen aus der Sanasilva Waldschadensinventur 1984*. Sanasilva Tagungsbericht: Waldwachstum und Waldschäden.
- DONG P.H. & KRAMER H. 1987: *Zuwachsverlust in erkrankten Fichtenbeständen*. Allg.Forst- und Jagdzeitung, (158): 122-125.
- ECKMÖLLNER O. 1990: *Benadelung und Splintflächen von Fichten aus Wuchsgebieten Österreichs*. Holz-Zentralblatt, (18): 266-267.
- EICHKORN T. 1986: *Wachstumsanalysen an Fichten in Südwestdeutschland*. Allg.Forst- und Jagdzeitung (157): 125-139.
- HÜTTL R.F. 1987: *Neuartige Waldschäden, Ernährungsstörungen und Düngung*. Allg.Forstzeitung (12): 289-299.
- JOHANN K. 1983: *Ertragskundliche und betriebswirtschaftliche Ergebnisse eines Großdüngungsversuches*. Forst- und Holzwirt (38): 232-237.
- KENK G. 1986: *Wachstumsanalysen im Zusammenhang mit den gegenwärtigen Waldschäden: Ergebnisse und Folgerungen für Nadelbaumbestände in Baden-Württemberg*. Bericht zur Jahrestagung 1986 der Sektion Ertragskunde im Deutschen Verband Forstlicher Forschungsanstalten, 10/1-10/14.
- KENK G. (1989): *Erkenntnisgewinn in Bezug auf das Waldwachstum in der BRD am Beispiel von Untersuchungen in Baden-Württemberg*. Sanasilva Tagungsbericht: Waldwachstum und Waldschäden.
- KILIAN W. 1989: *Diagnostische Düngungsversuche im Gleinalmgebiet*. Mitt.d.FBVA, (163/II): 341-356.
- MARSCHALL J. 1975: *Hilfstafern für die Forsteinrichtung*. Österr.Agrarverlag-Wien, 202S.
- NEUMANN M. 1993: *Zuwachsuntersuchungen an Fichte in verschiedenen Seehöhenstufen im österreichischen Zentralalpenbereich*. Centralbl.f.d.ges.Forstwesen, (110): 221-274.
- POLLANSCHÜTZ J. 1974: *Düngungsversuche in Österreich*. Allg.Forstzeitung, (85): 273-275.
- RÖHLE H. 1985: *Ertragskundliche Aspekte der Walderkrankungen*. Forstw.Centralblatt, (104): 225-242.
- SPELSBERG G. 1987: *Zum Problem der Beurteilung des Zuwachses in geschädigten Beständen*. Allg.Forst- und Jagdzeitung, (158): 205-210.
- STERBA H. 1984: *Kahlschlagbetrieb oder Einzelstammnutzung - was sagen Theorie und Daten dazu?* Allg.Forstz., (95): 339-340.
- UTSCHIG H. 1989: *Waldwachstumskundliche Untersuchungen im Zusammenhang mit Waldschäden*. Forstl.Forschungsberichte, München, Nr.97.

Autor: Günter Rössler
 Forstliche Bundesversuchsanstalt
 Institut für Waldwachstum und Betriebswirtschaft
 Seckendorff-Gudent Weg 8
 A-1131 Wien

10. Anhang

Tabelle 1: Mittlere ertragskundliche Kenndaten der Probebäume

Probefläche	Alter	BHD o.R. mm	Höhe cm	H/D	Volumen Vfm o.R.	Formzahl
3	124	336	2208	69	0.910	0.409
4	90	419	3341	82	2.130	0.435
8	80	271	2189	81	0.581	0.457
9	80	338	2673	82	1.152	0.469
10	130	579	3956	69	4.128	0.398
11	130	569	3959	71	3.921	0.384
13	92	333	2481	76	1.033	0.458
14	108	479	3810	80	3.023	0.435
15	93	351	3252	93	1.498	0.474
16	106	424	3239	78	2.075	0.438
17	50	180	1734	97	0.208	0.469
18	50	173	1666	97	0.184	0.464
19	50	194	1736	91	0.246	0.469
20	50	188	1740	94	0.244	0.488
21	52	261	2189	84	0.529	0.441
22	52	243	2224	92	0.466	0.454
23	58	358	2798	82	1.160	0.398

Tabelle 2: Mittlere jährliche Zuwachsleistung innerhalb von 2 Perioden

Probefläche	Radialzuwachs (1/100 mm)		Volumenzuwachs (dm ³)		Höhenzuwachs (cm)	
	1980-85	1986-1991	1980-85	1986-91	1980-85	1986-91
* 3	52	40	7.68	5.97	8	5
- 4	137	137	40.54	44.43	22	21
- 8	140	104	15.14	12.74	18	16
* 9	141	152	25.23	29.06	18	18
* 10	137	153	53.66	61.42	13	12
- 11	148	153	55.42	62.39	16	17
- 13	102	71	18.32	15.86	14	11
* 14	123	115	40.13	40.74	19	21
- 15	180	139	34.39	33.82	25	22
* 16	159	140	33.14	33.81	15	16
* 21	193	155	18.72	19.50	33	31
* 22	191	153	18.44	20.90	42	36
- 23	356	282	48.43	52.40	60	45
	1986-88	1989-91	1986-88	1989-91	1986-88	1989-91
+ 17	78	78	7.04	8.03	27	30
+ 18	68	72	5.86	9.20	23	30
+ 19	98	89	8.25	10.32	22	22
- 20	96	82	9.65	11.43	31	28

Tabelle 3:

Mittlere relative Indices (in %) der im Jahre 1986 gedüngten Probestämme; Periodenvergleich der Zuwächse 1986-91 zur Vorperiode 1980-85

Vergleichsbasis: Indices der ungedüngten Probestämme

Probe fläche	Vergleichs-probefläche	relative Jahrringindices	relative Volumenindices	relative Höhenindices
3	4	76.9	70.9	65.4
9	8	145.1	137.0	112.5
10	11	108.0	101.7	86.8
14	15	121.1	103.3	125.6
16	4	88.1	103.8	111.7
21	23	101.4	96.3	125.2
22	23	101.1	104.7	114.3

Mittlere relative Indices (in %) der im Jahre 1989 gedüngten Probestämme; Periodenvergleich der Zuwächse 1989-91 zur Vorperiode 1986-88

Vergleichsbasis: Indices der ungedüngten Probestämme

Probe fläche	Vergleichs-probefläche	relative Jahrringindices	relative Volumenindices	relative Höhenindices
17	20	117.1	96.4	123.0
18	20	124.0	132.6	144.4
19	20	106.3	105.7	110.7

Tabelle 4:

Mittlere Jahrring- und Volumenindices (in %);
Berechnung durch Extrapolation

Probefläche	Jahrringindices 1986-91	Volumenindices 1986-91
* 3	71.0	56.9
- 4	95.5	95.5
- 8	104.7	95.3
* 9	130.5	98.9
* 10	103.3	107.7
- 11	102.3	117.9
- 13	91.2	96.4
* 14	94.9	100.0
- 15	82.2	101.7
* 16	103.3	110.4
* 21	114.0	96.1
* 22	101.1	102.1
- 23	83.2	95.6
	1989-91	1989-91
+ 17	120.7	94.8
+ 18	105.8	119.2
+ 19	117.1	110.7
- 20	80.2	104.6

Tabelle 5:

Mittlere relative Indices (in %) der im Jahre 1986 gedüngten Probestämme für den Untersuchungszeitraum 1986 -1991

Berechnung durch Extrapolation

Vergleichsbasis: Indices der ungedüngten Probestämme

Probe fläche	Vergleichs- probestfläche	relative Jahringindices	relative Volumenindices
3	4	76.9	70.9
3	4	74.3	59.6
9	8	124.6	103.8
10	11	101.0	91.3
14	15	115.5	98.3
16	4	108.2	115.6
21	23	137.0	100.5
22	23	121.5	106.8

Mittlere relative Indices (in %) der im Jahre 1989 gedüngten Probestämme für den Untersuchungszeitraum 1989 -1991

Berechnung durch Extrapolation

Vergleichsbasis: Indices der ungedüngten Probestämme

Probe fläche	Vergleichs- probestfläche	relative Jahringindices	relative Volumenindices
17	20	150.5	90.6
18	20	131.9	114.0
19	20	146.0	105.8

Tabelle 6:

Mittlere relative Jahrringindices (in %) von Probestämmen mit unterschiedlicher Kronenzustandsform (schwache bis starke Kronenverlichtung) für die Perioden 1980-82, 1983-85, 1986-88 und 1989-91

Vergleichsbasis: Jahrringindices der Probestämme ohne Kronenverlichtung

Ungedüngte Probestämme					
Kronenverlichtung	Anzahl Bäume	Periode 1980-82	1983-85	1986-88	1989-91
keine	36	100.0	100.0	100.0	100.0
schwach	10	112.3	111.6	113.9	108.0
mittel	17	94.7	107.8	102.8	73.2
stark	17	109.6	111.8	86.8	45.1

Gedüngte und ungedüngte Probestämme (ohne Probestämme der Probestfläche 17 bis 23)					
Kronenverlichtung	Anzahl Bäume	Periode 1980-82	1983-85	1986-88	1989-91
keine	56	100.0	100.0	100.0	100.0
schwach	24	99.6	99.2	103.2	98.1
mittel	41	89.2	102.7	102.3	79.3
stark	16	103.5	103.3	83.3	46.3

Gesamtkollektiv der Probestämme					
Kronenverlichtung	Anzahl Bäume	Periode 1980-82	1983-85	1986-88	1989-91
keine	80	100.0	100.0	100.0	100.0
schwach	33	100.3	98.7	101.3	98.1
mittel	50	91.8	102.5	99.9	74.4
stark	30	106.8	103.1	81.9	43.1

Abbildung 2a-2q: Laufender jährlicher Höhenzuwachs/Höhenentwicklung

ZUWACHSUNTERSUCHUNG GLEINALM
 VERSUCH 809
 MITTELWERT - DIAGRAMM (Probefläche 3)

FBVA - Wien
 Institut V
 Progn.: FRUNDE

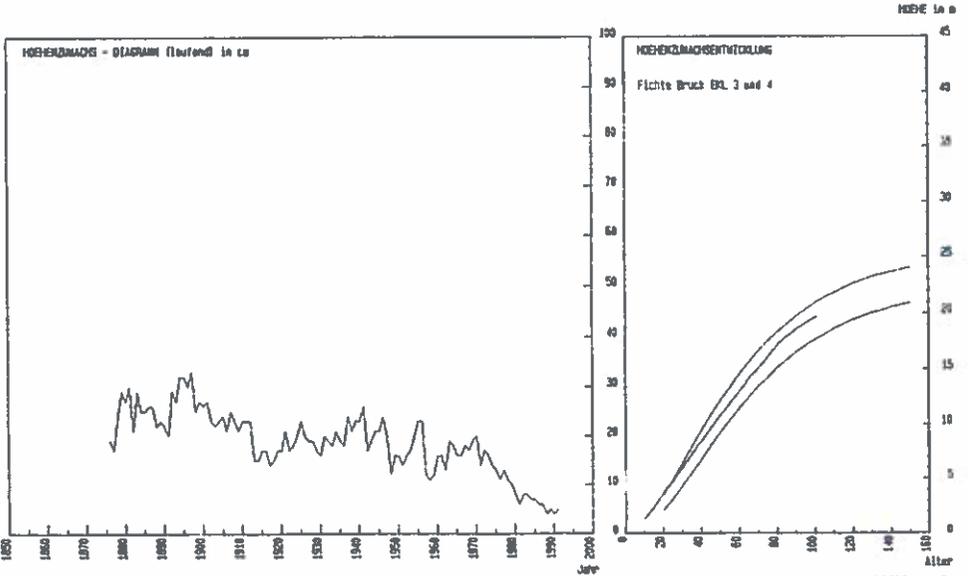
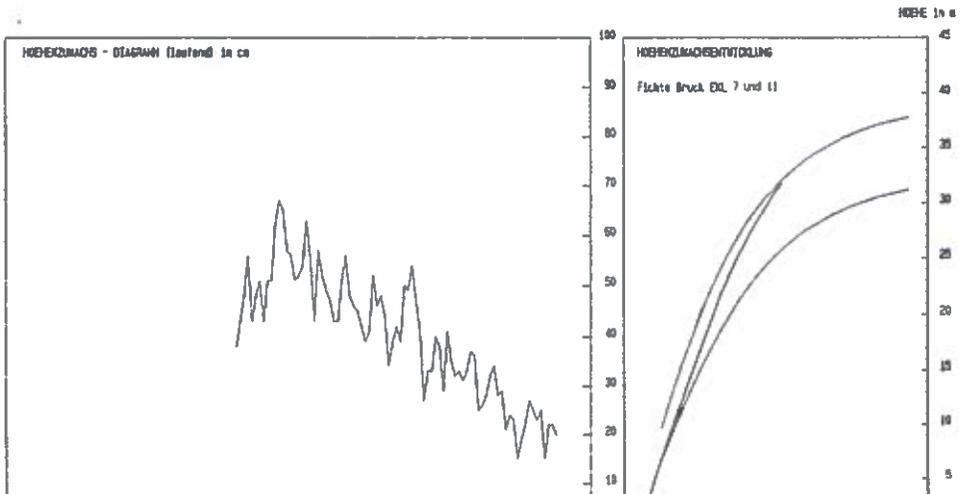


Abbildung 2a

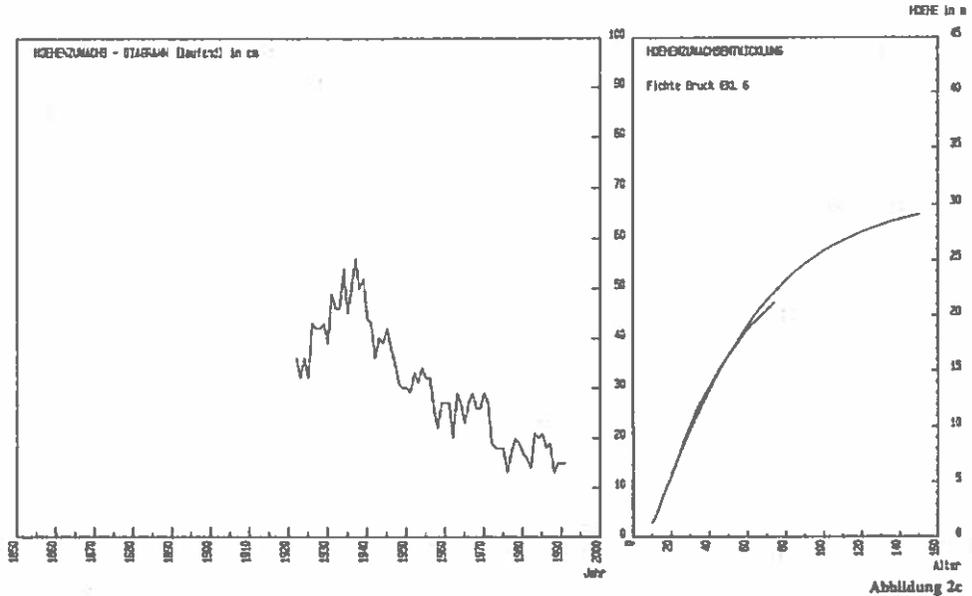
ZUWACHSUNTERSUCHUNG GLEINALM
 VERSUCH 809
 MITTELWERT - DIAGRAMM (Probefläche 4)

FBVA - Wien
 Institut V
 Progn.: FRUNDE



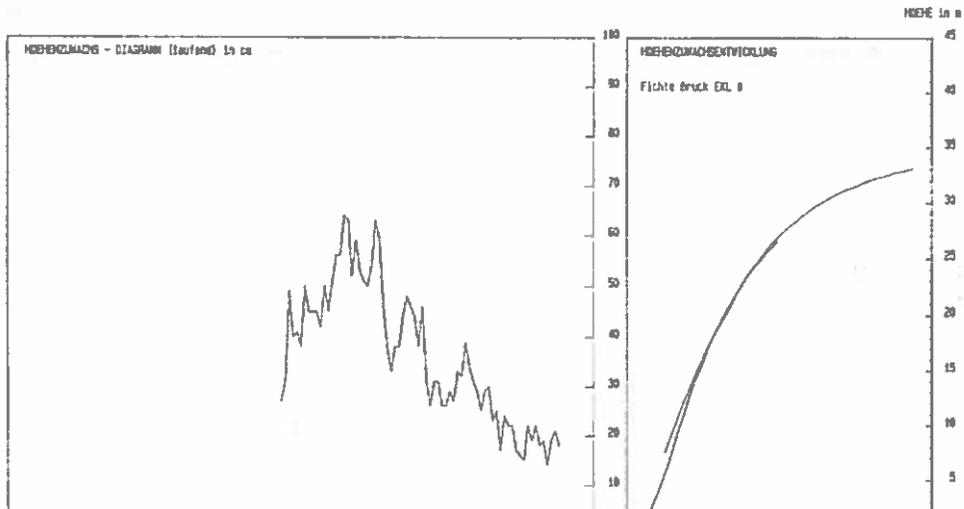
ZUWACHSUNTERSUCHUNG GLEINALM
 VERSUCH 809
 MITTELWERT - DIAGRAMM (Probefläche 8)

FBVA - Wien
 Institut V
 Programm: JRM_KOBE



ZUWACHSUNTERSUCHUNG GLEINALM
 VERSUCH 809
 MITTELWERT - DIAGRAMM (Probefläche 9)

FBVA - Wien
 Institut V
 Programm: JRM_KOBE



ZUWACHSUNTERSUCHUNG GLEINALM
 VERSUCH 809
 MITTELWERT - DIAGRAMM (Probeflaeche 10)

FBV - Wien
 Institut 1
 Progn.-JUNGENE

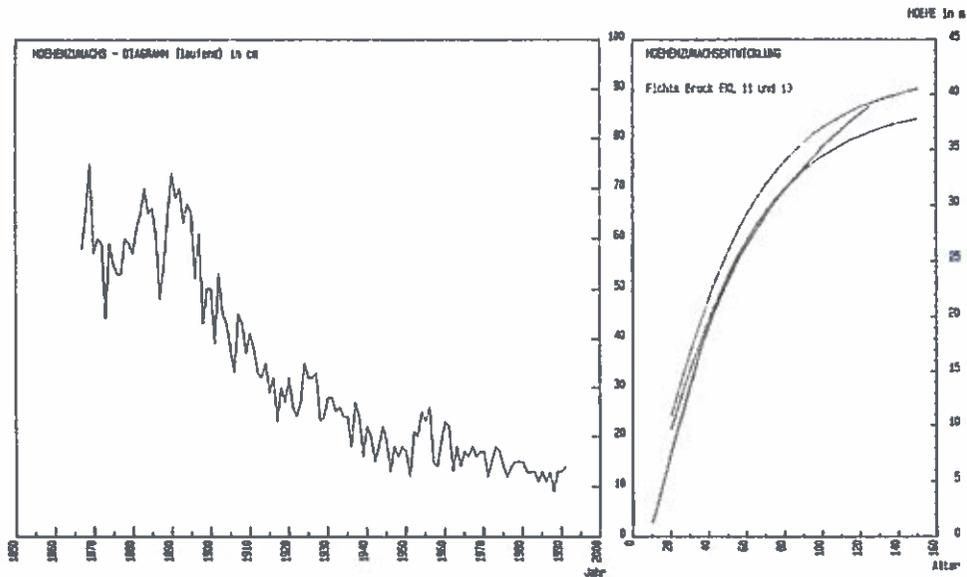
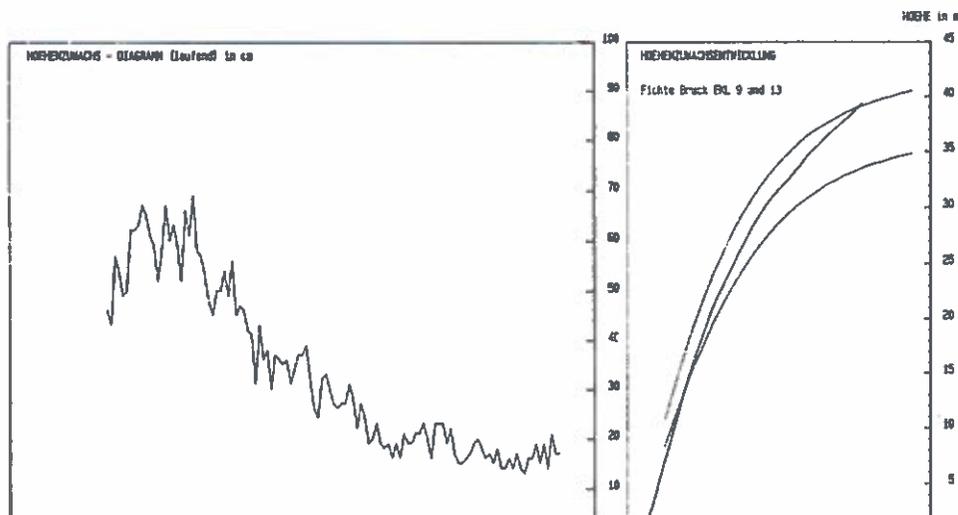


Abbildung 2a

ZUWACHSUNTERSUCHUNG GLEINALM
 VERSUCH 809
 MITTELWERT - DIAGRAMM (Probeflaeche 11)

FBV - Wien
 Institut 1
 Progn.-JUNGENE



ZUWACHSUNTERSUCHUNG GLEINALM
 VERSUCH 809
 MITTELWERT - DIAGRAMM (Probeflaeche 13)

FBVA - Wien
 Institut V
 Programm: JMW_KOBE

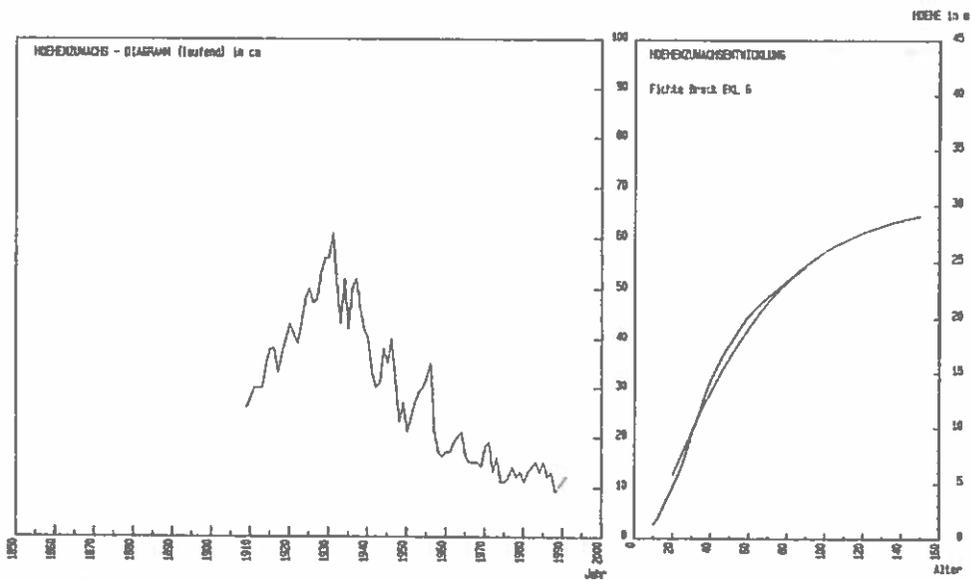
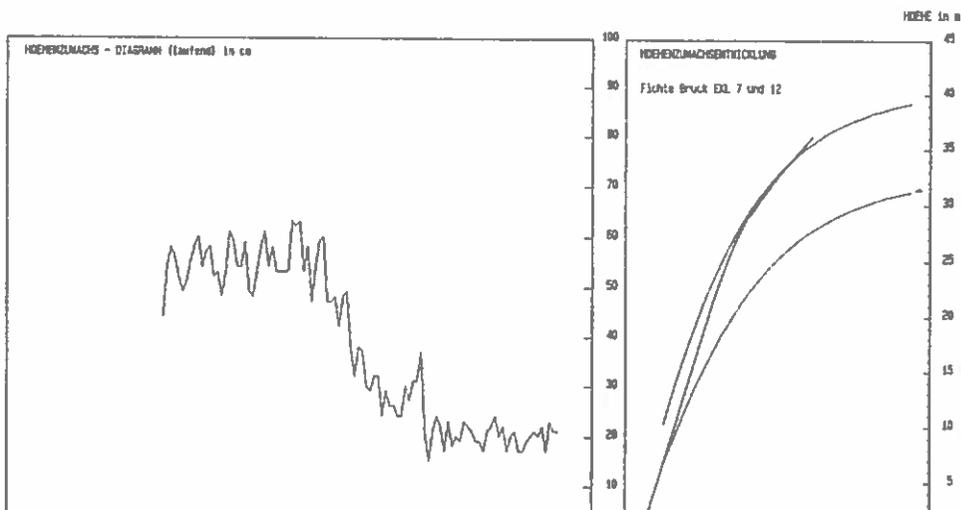


Abbildung 2g

ZUWACHSUNTERSUCHUNG GLEINALM
 VERSUCH 809
 MITTELWERT - DIAGRAMM (Probeflaeche 14)

FBVA - Wien
 Institut V
 Programm: JMW_KOBE



ZUWACHSUNTERSUCHUNG GLEINALM
 VERSUCH 809
 MITTELWERT - DIAGRAMM (Probeflaeche 15)

FBVA - Wien
 Institut V
 Progra...JUN...HOE

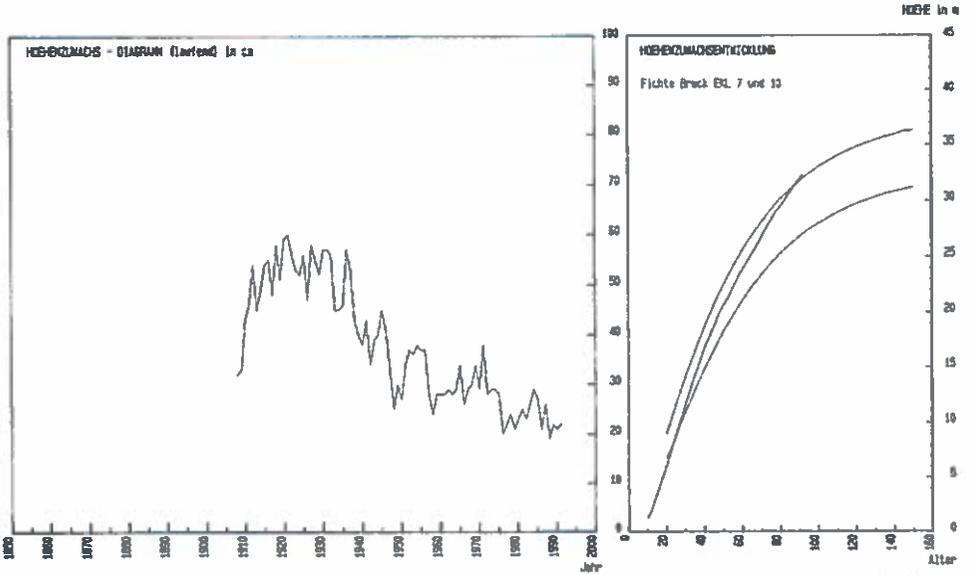
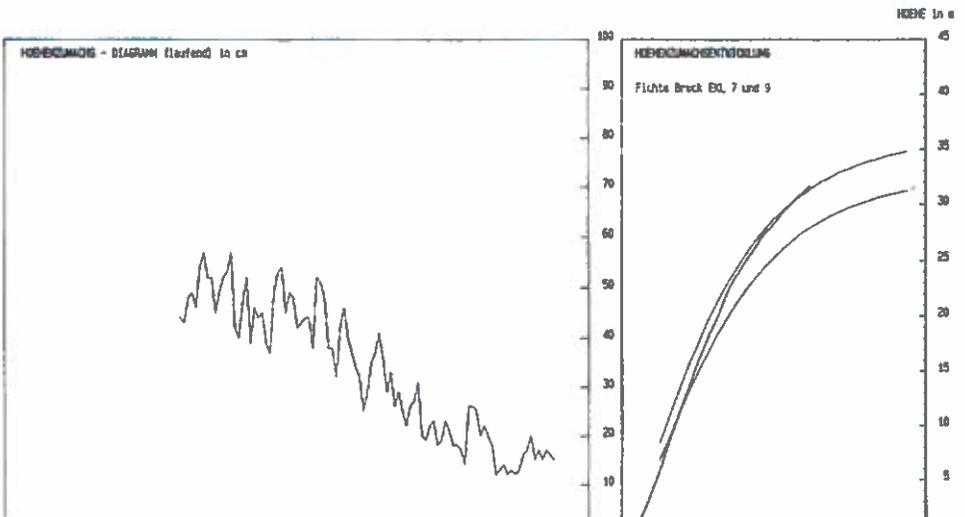


Abbildung 2i

ZUWACHSUNTERSUCHUNG GLEINALM
 VERSUCH 809
 MITTELWERT - DIAGRAMM (Probeflaeche 16)

FBVA - Wien
 Institut V
 Progra...JUN...HOE



ZUWACHSUNTERSUCHUNG GLEINALM
 VERSUCH 809
 MITTELWERT - DIAGRAMM (Probeflaeche 17)

FBVA - Wien
 Institut V
 Progn.: JRM/GEHE

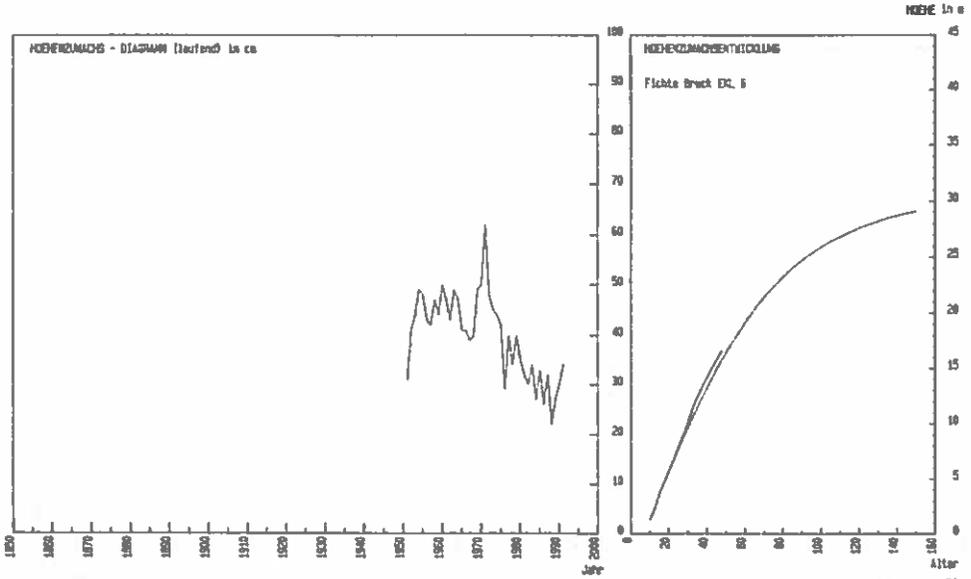
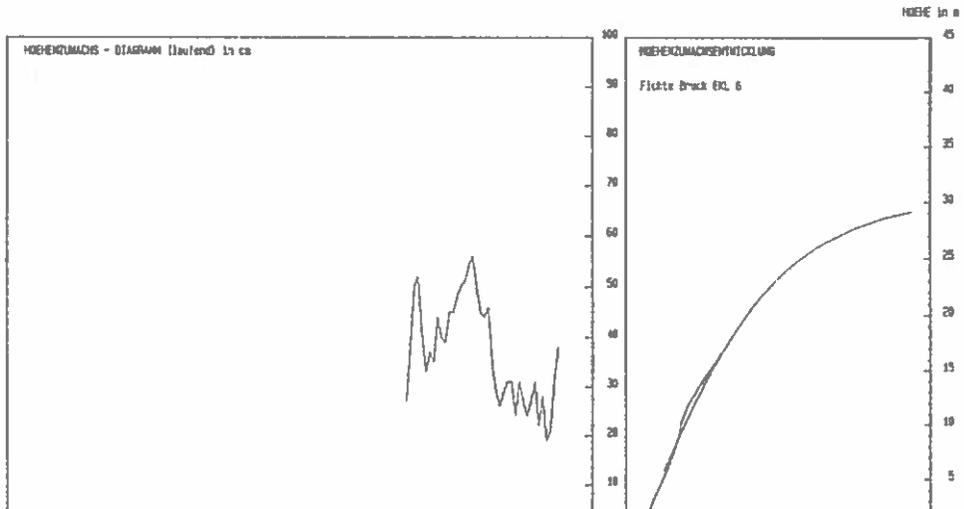


Abbildung 2k

ZUWACHSUNTERSUCHUNG GLEINALM
 VERSUCH 809
 MITTELWERT - DIAGRAMM (Probeflaeche 18)

FBVA - Wien
 Institut V
 Progn.: JRM/GEHE



ZUNACHSUNTERSUCHUNG GLEINALM
 VERSUCH 809
 MITTELWERT - DIAGRAMM (Probeflaeche 19)

FWA - Wien
 Institut V
 Progn.: JRM/MBE

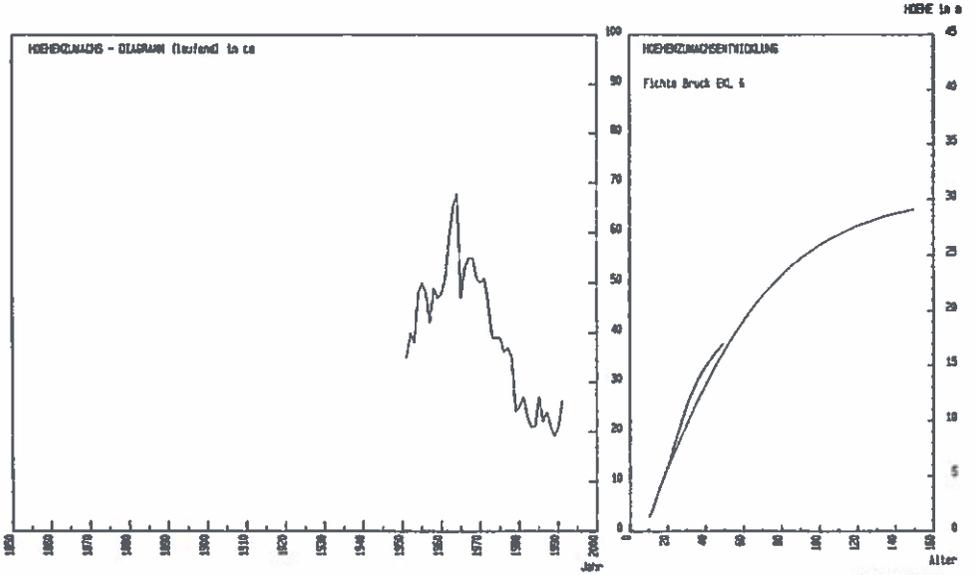
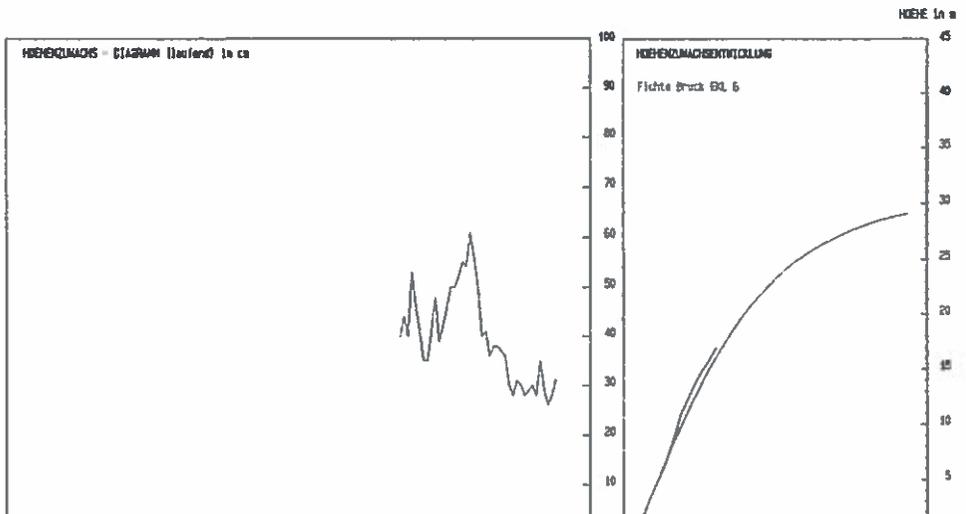


Abbildung 2m

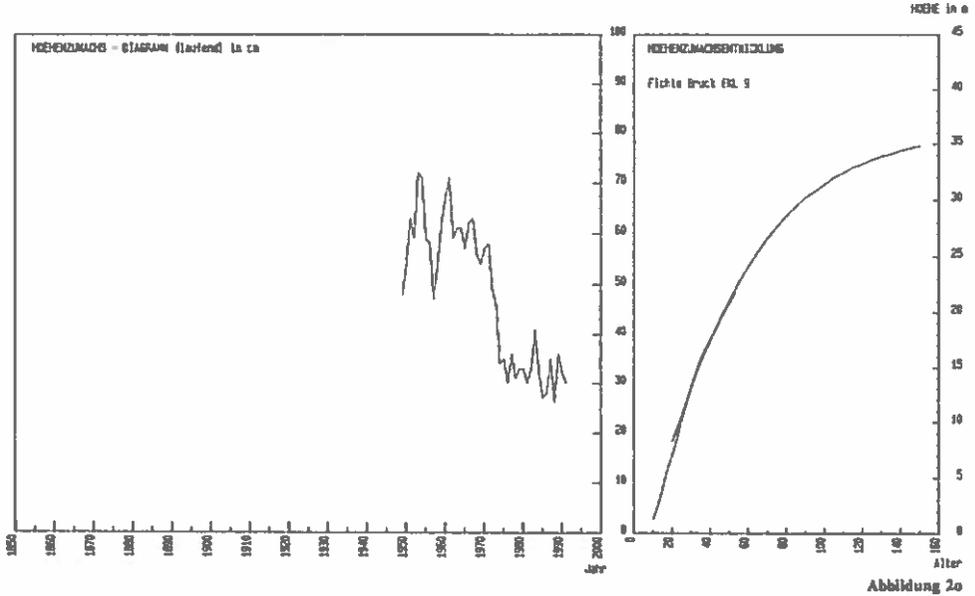
ZUNACHSUNTERSUCHUNG GLEINALM
 VERSUCH 809
 MITTELWERT - DIAGRAMM (Probeflaeche 20)

FWA - Wien
 Institut V
 Progn.: JRM/MBE



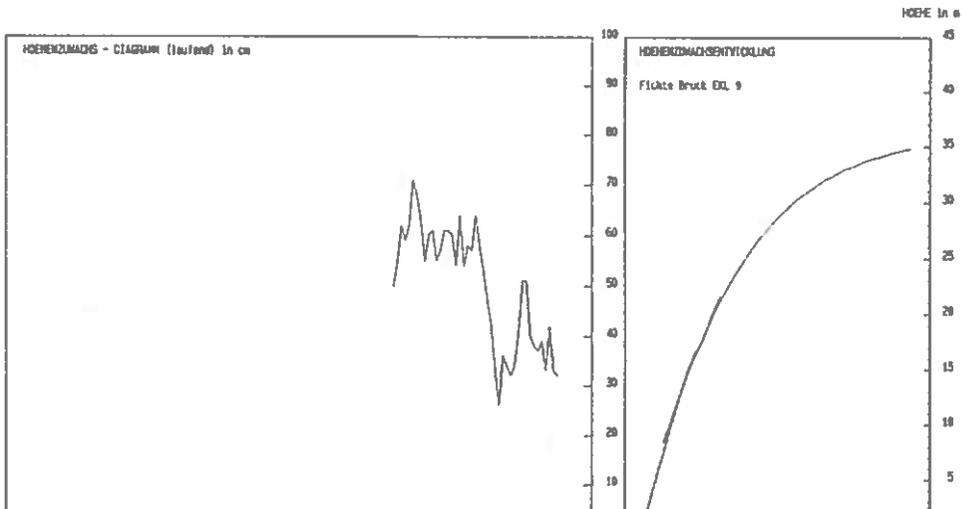
ZUNACHSUNTERSUCHUNG GLEINALM
 VERSUCH 809
 MITTELWERT - DIAGRAMM (Probeflaeche 21)

FBVA - Wien
 Institut V
 Progn.: JPK/HEBE



ZUNACHSUNTERSUCHUNG GLEINALM
 VERSUCH 809
 MITTELWERT - DIAGRAMM (Probeflaeche 22)

FBVA - Wien
 Institut V
 Progn.: JPK/HEBE



ZUWACHSUNTERSUCHUNG GLEINALM
 VERSUCH 809
 MITTELWERT - DIAGRAMM (Probeflaeche 23)

FBVA - Wien
 Institut V
 Programm LEBE

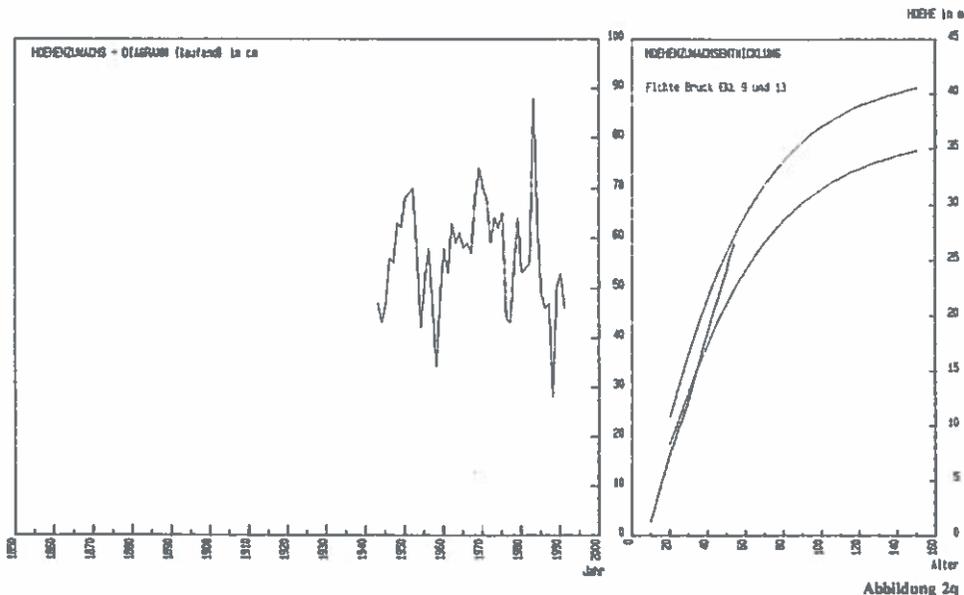


Abbildung 2q

Abbildung 3:

Entwicklung der Bonität über Alter
 Fichte Bruck/Mur

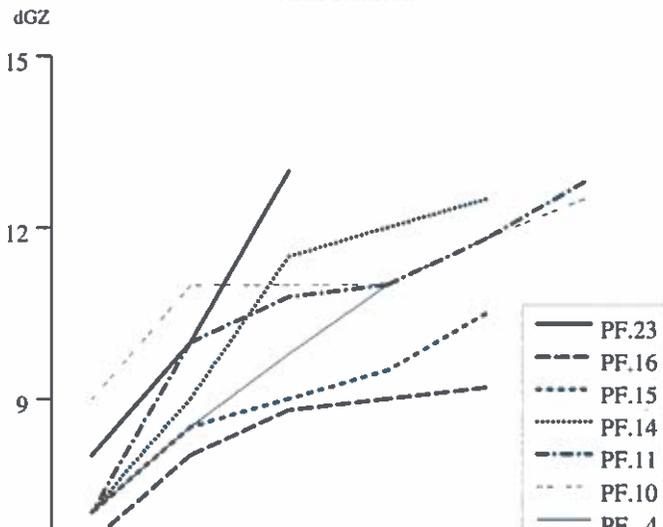


Abbildung 4: Mittlere Jahrring- und Volumenindices
Berechnung durch Extrapolation

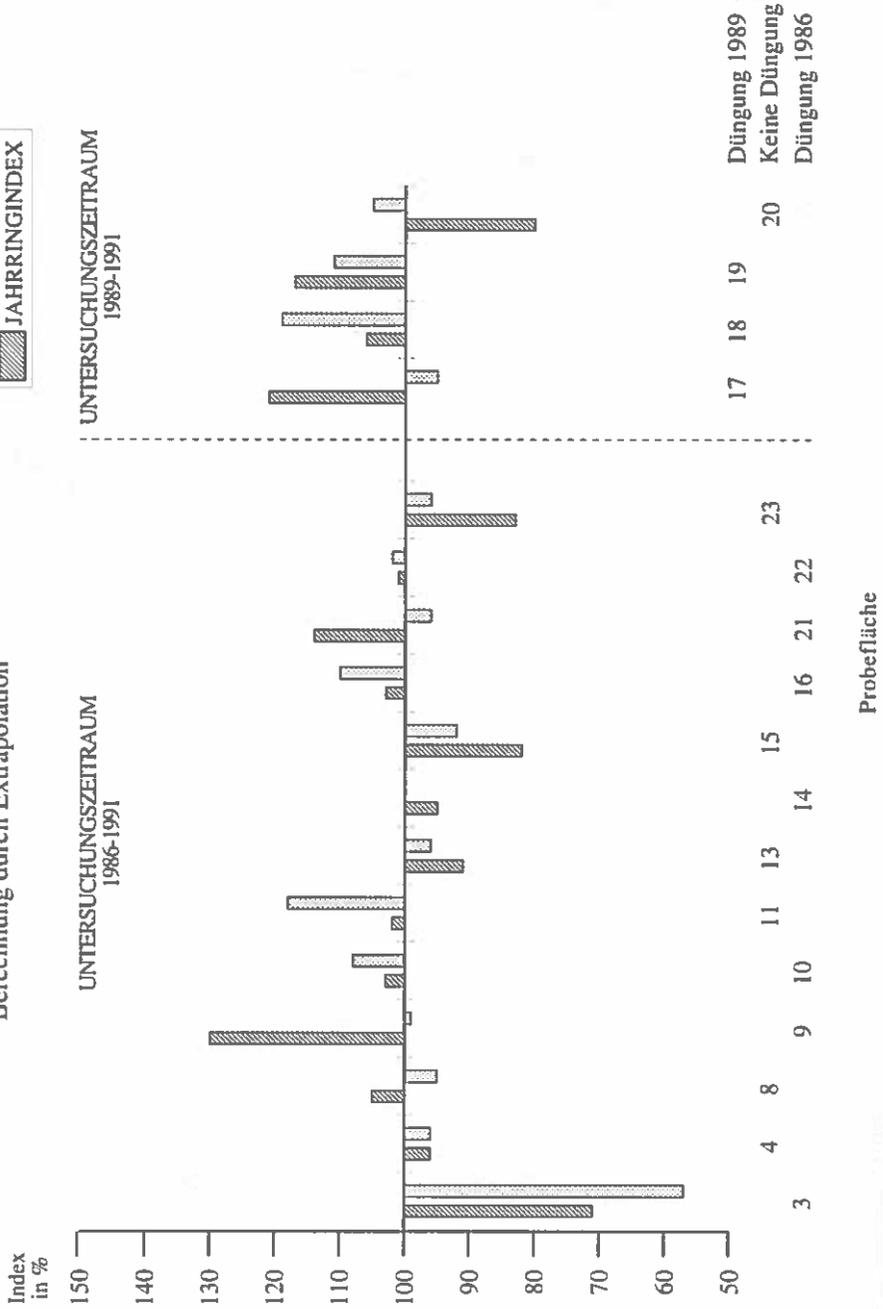


Abbildung 5a und 5b: Mittlere relative Indices (Probeflächen 17,18,19)

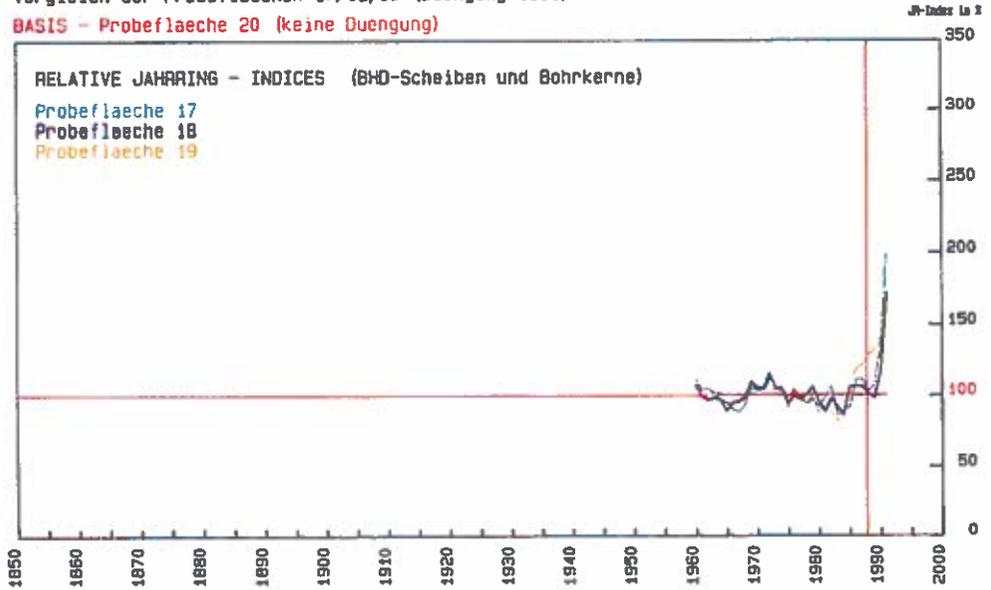
ZUWACHSUNTERSUCHUNG GLEINALM

VERSUCH 809
MITTELWERT - DIAGRAMM

FWA - Wien
Institut V
Progn.: JWR_REL_DIC

Vergleich der Probeflächen 17, 18, 19 (Duengung 1989)

BASIS - Probefläche 20 (keine Duengung)



ZUWACHSUNTERS. GLEINALM

VERSUCH 809
MITTELWERT - DIAGRAMM

FWA - Wien
Institut V
Progn.: JWR_REL_DIC

Vergleich der Probeflächen 17, 18, 19 (Duengung 1989)

BASIS - Probefläche 20 (keine Duengung)

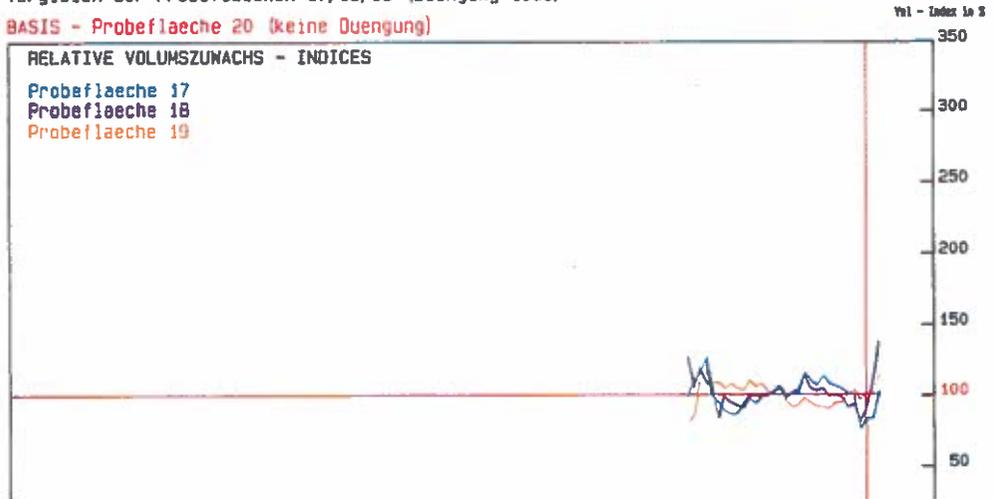


Abbildung 6a und 6b: Mittlere relative Indices (Probefläche 21,22)

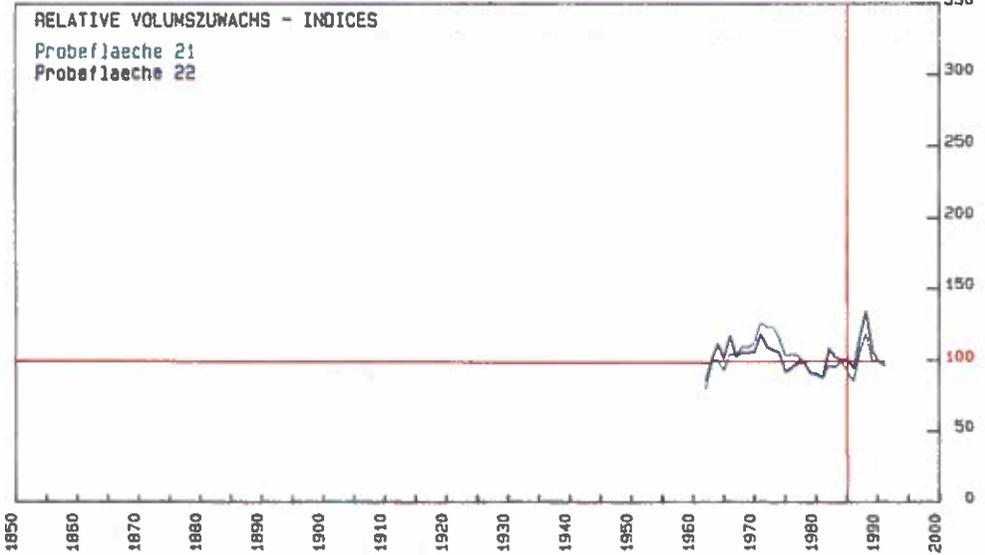
ZUMWACHSUNTERS. GLEINALM
 VERSUCH 809
 MITTELWERT - DIAGRAMM

FWA - Wien
 Institut V
 Progn.: JRM_REL_IDX

Vergleich der Probeflächen 21,22 (Duengung 1986)

BASIS - Probefläche 23 (keine Duengung)

Vol - Index in %



ZUMWACHSUNTERSUCHUNG GLEINALM
 VERSUCH 809
 MITTELWERT - DIAGRAMM

FWA - Wien
 Institut V
 Progn.: JRM_REL_IDX

Vergleich der Probeflächen 21,22 (Duengung 1986)

BASIS - Probefläche 23 (keine Duengung)

JR-Index in %

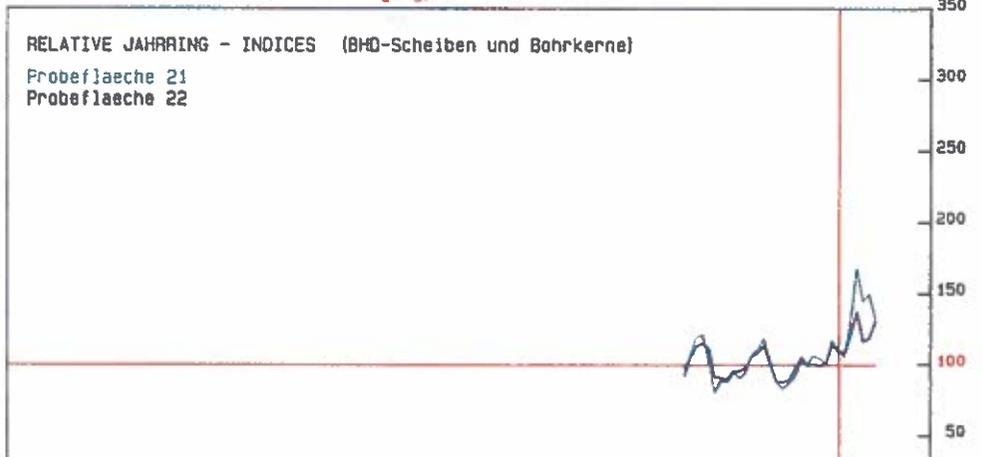


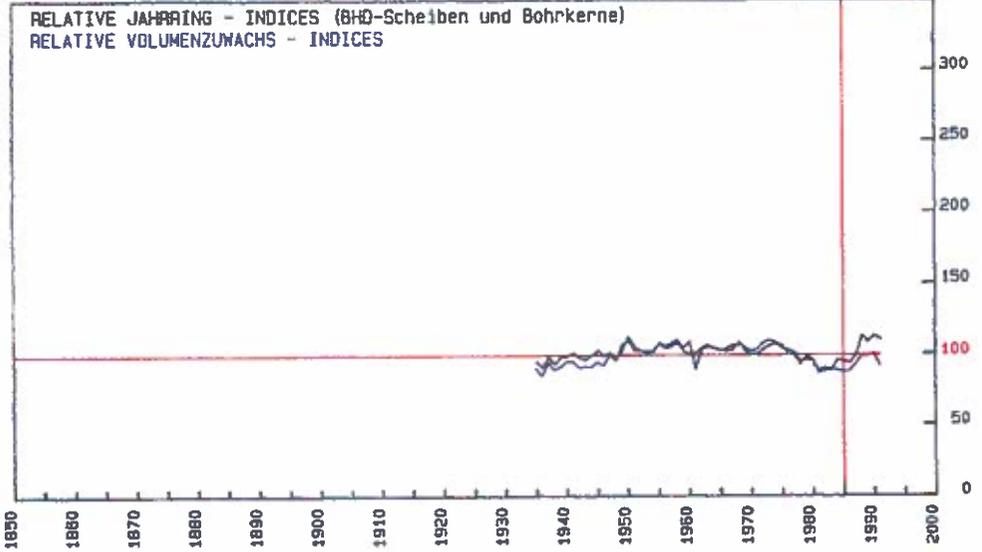
Abbildung 7 (oben): Mittlere relative Indices (alle 1986 gedüngten Probebäume)
 Abbildung 9 (unten): Mittlere relative Indices (unterschiedlicher Kronenzustand)

ZUWACHSUNTERSUCHUNG GLEINALM
 VERSUCH 809
 MITTELWERT - DIAGRAMM

FWA - Wien
 Institut V
 Progra.: JFM_REL_D86

Zusammenfassung der 1986 gedüngten Probebaeume

BASIS - ungeduengte Probebaeume



ZUWACHSUNTERSUCHUNG GLEINALM
 VERSUCH 809
 MITTELWERT - DIAGRAMM

FWA - Wien
 Institut V
 Progra.: JFM_REL_D86

BASIS - Baeume ohne Kronenverlichtung (N=80)

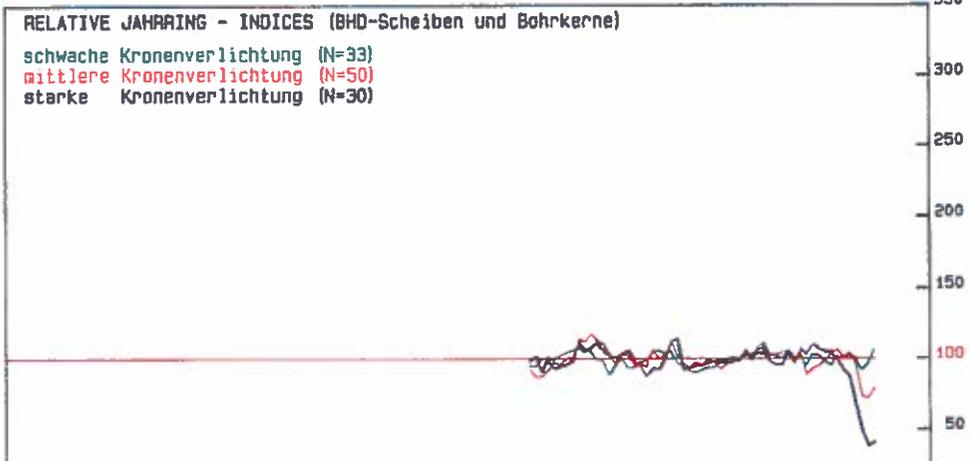


Abbildung 8: Mittlere relative Jahrring- und Volumenindices
 Vergleichsbasis: Indices der ungedüngten Probebäume

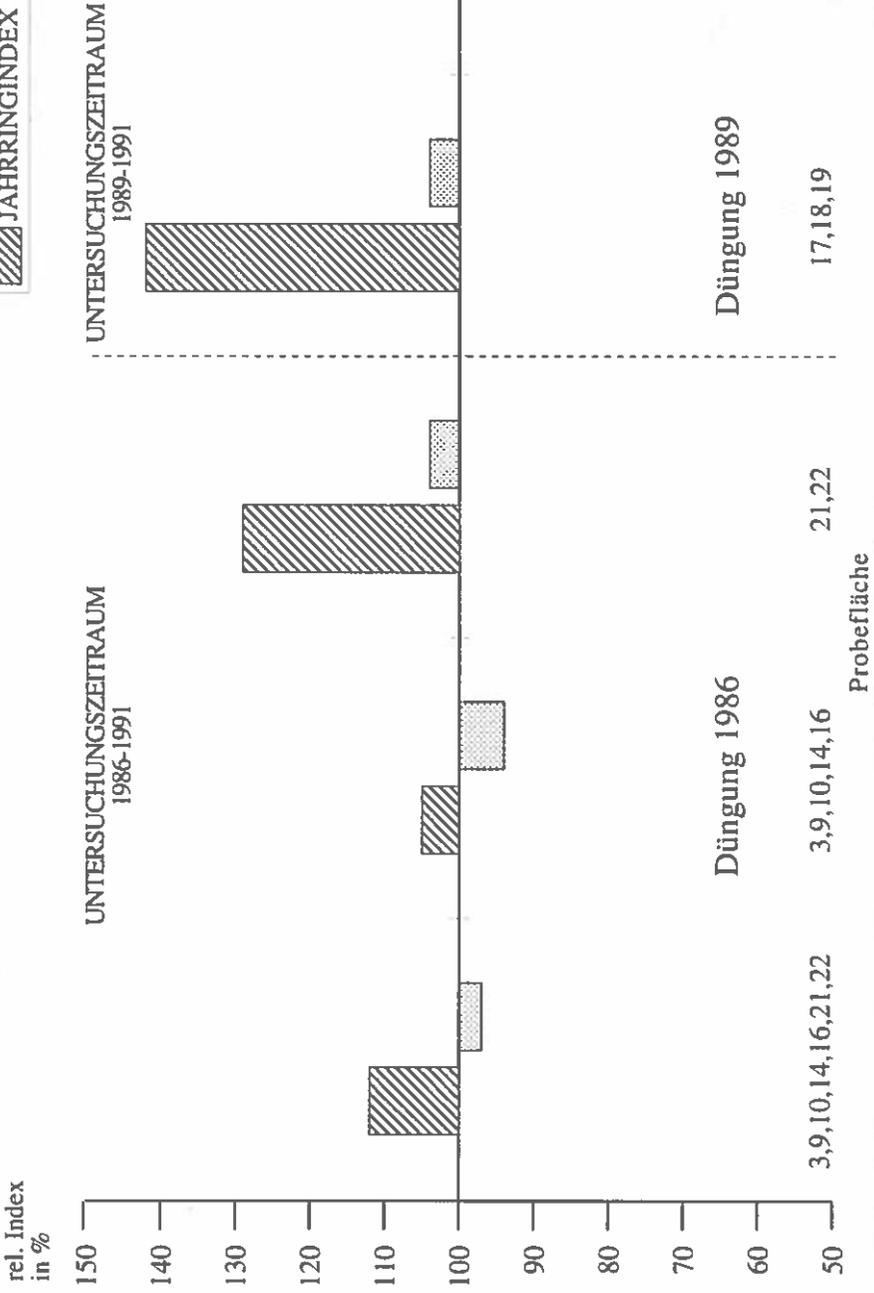


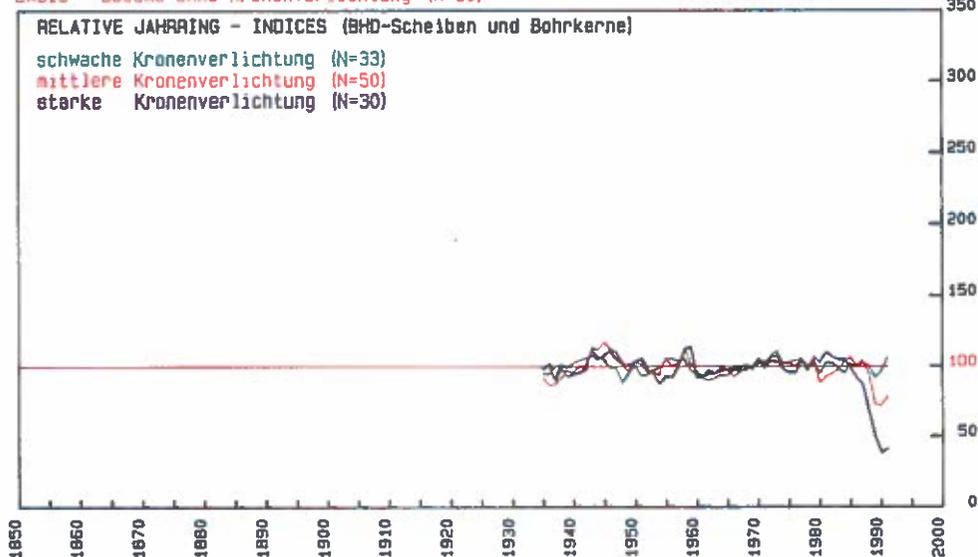
Abbildung 10 und Abbildung 11: Mittlere relative Indices
(unterschiedlicher Kronenzustand)

ZUWACHSUNTERSUCHUNG GLEINALM
VERSUCH 809
MITTELWERT - DIAGRAMM

FVA - Wien
Institut V
Progr.: JF_NRI_De

BASIS - Bäume ohne Kronverlichtung (N=80)

JF-Index in %

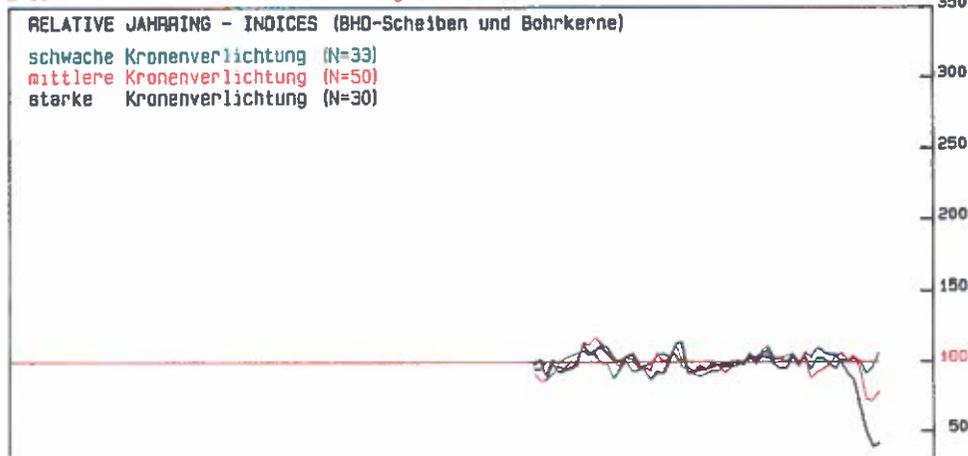


ZUWACHSUNTERSUCHUNG GLEINALM
VERSUCH 809
MITTELWERT - DIAGRAMM

FVA - Wien
Institut V
Progr.: JF_NRI_De

BASIS - Bäume ohne Kronverlichtung (N=80)

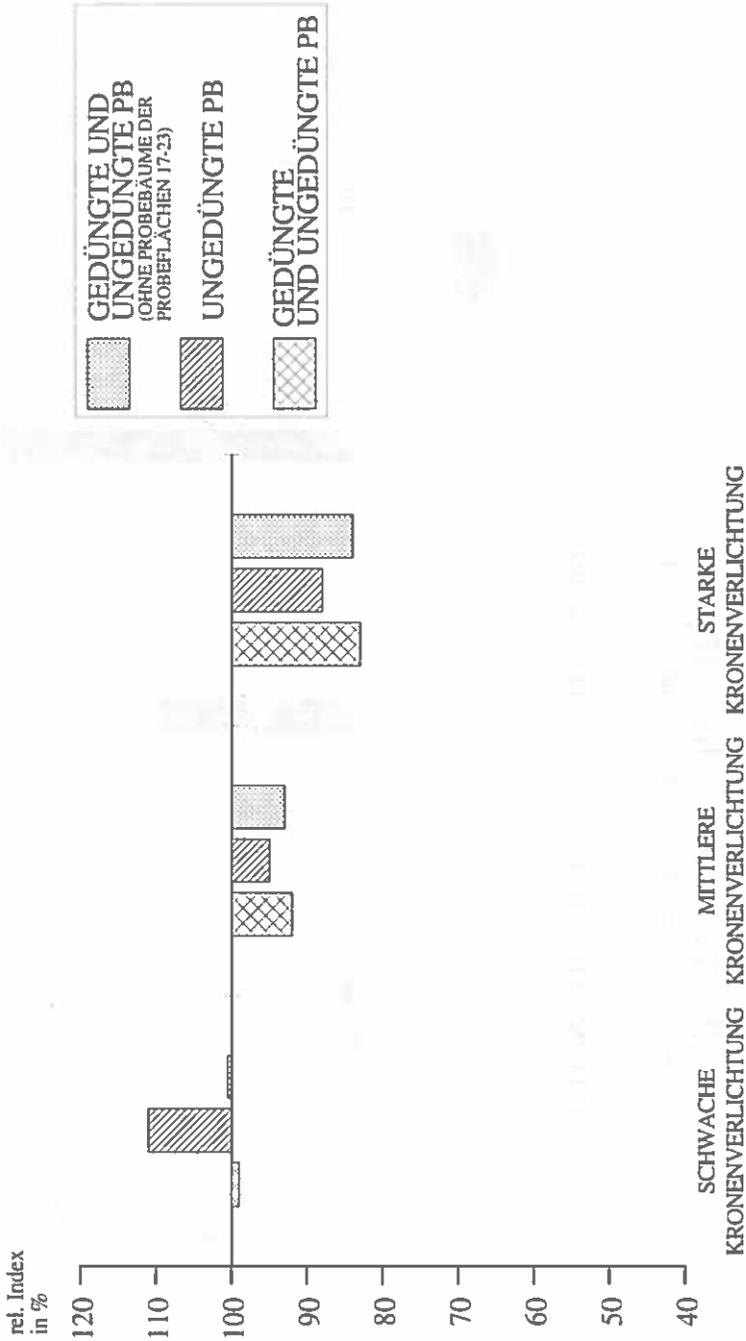
JF-Index in %



Mittlere relative Jahrringindices der Periode 1980-91

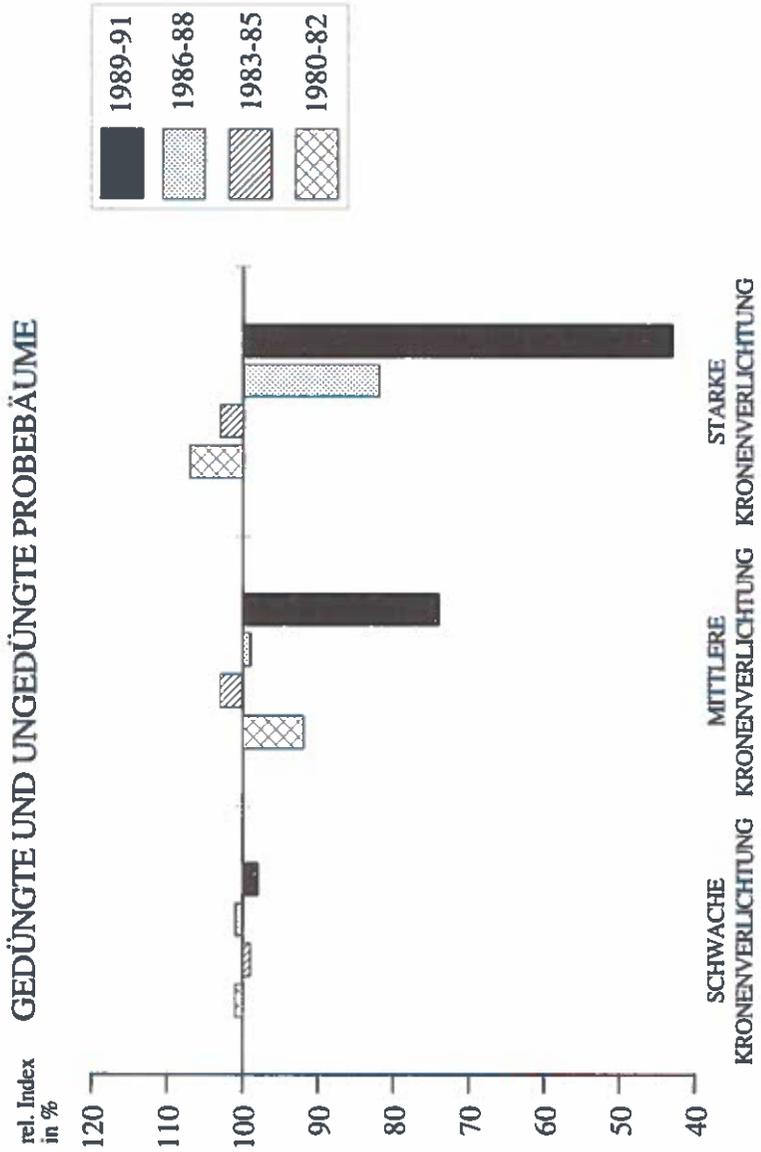
Abbildung 12

Vergleichsbasis: Jahrringindices der Probestäume ohne Kronenverlichtung



Mittlere relative Jahrringindices

Vergleichsbasis: Jahrringindices der Probebäume ohne Kronenverlichtung



Schwefel- und Nährstoffversorgung der Fichtennadeln im Gleinalm-Gebiet

KLAUS STEFAN

Institut für Immissionsforschung und Forstchemie, Forstliche Bundesversuchsanstalt

Kurzfassung: Zur Feststellung der Schadensursachen im Gleingraben/Steiermark und in weiterer Folge zur Überprüfung der Wirksamkeit von Düngungsmaßnahmen wurden Fichtennadelproben, die von 1985 bis 1992 jährlich im Herbst gewonnen worden waren, auf ihre Schadstoff- (Schwefel) bzw. Nährelementgehalte (N, P, K, Ca, Mg) untersucht und folgendes festgestellt: Kleinräumig kam es während des gesamten Untersuchungszeitraumes im Gleinalmgebiet zu Schwefelimmisionseinwirkungen, die aber in der seit 1985 festgestellten Größenordnung nicht als Schadensauslöser angesehen werden können. Während des gesamten Untersuchungszeitraumes bestand bei den unbehandelten Bäumen vor allem eine mangelhafte oder nicht ausreichende Stickstoffversorgung und eine mangelhafte oder nicht ausreichende Kaliumversorgung, sowie eine nicht ausreichende Calcium- bzw. Magnesiumversorgung. Die unterschiedlichen Ergebnisse der chemischen Nadelanalysen von Probebäumen, die auf Standorten mit vergleichbaren Bodenvorräten stocken, scheinen die Untersuchungsergebnisse über die Beeinflussung der Nährelementsituation durch Wurzelschädigungen bzw. Schädigungen des Transportsystems zu bestätigen. Nur durch Bodendüngungen, nicht aber durch Blattdüngungen, konnte die Stickstoff- und Kaliumversorgung verbessert werden.

Schlüsselworte: Chemische Nadelanalyse, Fichte, Schwefel, Nährelemente, Düngung

Abstract: [Supply of spruce needles with sulfur and nutrients in the gleinalm area]. To determine the causes of damage in the area of the Gleingraben/ Styria, and then to check the effect of fertilization, samples of spruce needles that had been taken in every autumn between 1985 and 1992 were examined for their pollutant (sulfur) and nutrient contents (N, P, K, Ca, Mg). The results were as follows: During the entire period of observation sulfur pollution was found in the area of the Gleinalm, however, only over small areas and to a degree which, according to the figures determined since 1985, cannot be regarded as a cause of damage. During the entire period the trees that had not been treated suffered especially from a deficient or insufficient supply with nitrogen and potassium, and of an insufficient supply with calcium and magnesium. The different results of the chemical analyses of needles from sample trees growing on sites with comparable soils seem to confirm the results about the impact of root damage and/or damage of the transportation systems on the nutrient situation. The supply with nitrogen and potassium could be improved only through fertilization of the soil, not through fertilization of the leaves.

1. Einleitung

Im Rahmen der Untersuchungen im Gleinalmgebiet, wurden ab 1985 chemische Nadelanalysen für die Beurteilung der Nährelementsituation durchgeführt, da das Schadensbild (DONAUBAUER 1989) dem von mehreren Schadensfällen in der BRD glich und eine Störung im Nährstoffhaushalt zu vermuten war (BOSCH et al. 1983, HÜTTL 1987, REEMTSMA 1986, REHFUESS 1983, ZECH und POPP 1983, ZÖTTL 1987, ZÖTTL und MIES 1983, ZÖTTL und HÜTTL 1985).

Nach den Ergebnissen der chemischen Nadelanalysen der Jahre 1985 bis 1987 (STEFAN 1989) und 1985 bis 1989 (STEFAN 1991) bestand folgende Situation:

- Lokal war es zu Überschreitungen der maximalen natürlichen Schwefelgehalte gekommen.
- Häufig wurde Stickstoff- und teilweise Kaliummangel festgestellt, sowie eine nicht ausreichende Calcium- und Magnesiumversorgung, während hinsichtlich Phosphor unter den analysierten Elementen die günstigste Versorgung bestanden hatte.
- In den Jahren 1987 bis 1989 bzw. 1988 und 1989 war es insofern zu einer Verbesserung gekommen, als die Zahl der Probestämme mit Nährelementquotienten im harmonischen Bereich zunahm.
- Die 1989 durchgeführten Bodendüngungen hatten zu einer Verbesserung der Stickstoff- und Kaliumversorgung geführt, während bei den 1986 und 1987 aviotechnisch gedüngten Probestämmen des Kontrollnetzes keine Verbesserungen nachzuweisen waren.

Im folgenden Bericht wird die Entwicklung der Nährelementversorgung für das Kontrollnetz und die Düngungsflächen in den Forstbetrieben Hatschek bzw. Liechtenstein/Waldstein bis 1992 behandelt.

2. Probengewinnung, Analyseverfahren und Datenbeurteilung

Die Gewinnung der Astproben für die chemischen Nadelanalysen wurde durch die Fachabteilung für das Forstwesen des Amtes der steiermärkischen Landesregierung gemäß den Bestimmungen der "Zweiten Verordnung gegen forstschädliche Luftverunreinigungen" jeweils im Herbst vorgenommen.

Die Stickstoffgehalte der Nadelproben wurden maßanalytisch nach Kjeldahlaufschluß bestimmt, die übrigen Hauptnährelemente aus nassen Aufschlüssen mit Hilfe der Atom-Absorptions-Spektralanalyse bzw. photometrisch. Die Schwefelbestimmungen erfolgten mit Schwefelanalysatoren LECO SC 132 bzw. SC 432, wobei die Geräteparameter so gewählt wurden, daß die Vergleichbarkeit mit den Grenzwerten der "Zweiten Verordnung" gewährleistet ist. Für die Beurteilung der Nährstoffversorgung an Hand der chemischen Nadelanalyseresultate des Nadeljahresanges 1 (im Entnah-

Tabelle 1: Beurteilungswerte der Nährelementversorgung (Nadeljahrgang 1)

Nährstoffversorgung	% N	% P	% K	% Ca	% Mg
(1) mangelhaft	≤1.30	≤0.11	≤0.33	≤0.10	≤0.07
(2) nicht ausreichend	1.31	0.12	0.34	0.11	0.08
	-1.50	-0.13	-0.42	-0.36	-0.11
(3) ausreichend	>1.50	>0.13	>0.42	>0.36	>0.11

Die Beurteilung der Schwefelwerte erfolgte nach den Werten in Tabelle 2 und wenn auch der zweite Nadeljahrgang analysiert wurde, auch noch nach den Werten in Tabelle 3. Um differenziertere Aussagen treffen zu können wurden die Bereiche unterhalb und oberhalb des maximalen natürlichen Schwefelgehaltes bei beiden Nadeljahrgängen unterteilt.

Tabelle 2:

Grenzen für die Klassifizierung der Schwefelgehalte der Nadeljahrgänge 1 und 2

Klasse	% S im Nadeljahrgang	
	1	2
1	<0.081	<0.101
2	0.081-0.110*	0.101-0.140*
3	0.111-0.150	0.141-0.190
4	>0.150	>0.190

*Grenzwerte der zweiten Verordnung gegen forstschädliche Luftverunreinigungen

Tabelle 3:

Grenzen für die Schwefel-Gesamtklassifikation an Hand der Klassensummen der Nadeljahrgänge 1 und 2

Gesamtklassifikation der NJ 1+2	Summe der Klassenwerte
1	2
2	3 und 4
3	5 und 6
4	7 und 8

3. Ergebnisse und Besprechung

3.1 Kontrollnetz Glein

3.1.1 Probenmaterial

Das 1985 eingerichtete Kontrollnetz umfaßte im ersten Untersuchungsjahr 32 Probebäume und wurde 1986 auf 47 Probebäume ausgedehnt. Für einen Vergleich der Analyseergebnisse der Jahre 1985 bis 1992 stehen die Werte von 20 identen Probebäumen ("Netz 85") und für die Jahre 1986 bis 1992 die von 30 identen Probebäumen ("Netz 86") zur Verfügung. Von den 20 Probebäumen des "Netzes 85" blieben 14 und von den 30 Probebäumen des "Netzes 86" 10 im Untersuchungsgebiet.

Bäume auf vier weitere Düngungsvarianten (Harnstoff + Wuxal 1986/87, Nitramoncal 1986, Fattinger Blattdünger 1987, BASF-Blattdünger 1987).

Um trotz der geringen Probestaumzahl bei den einzelnen Behandlungsvarianten verbesserte Informationen über die Nährelementversorgung beziehungsweise Störungen des nadeljahrgangsweisen Verlaufs der Nährelementgehalte und die Wirksamkeit der ab 1986 vorgenommenen Düngungsmaßnahmen zu erhalten, wurden die Gehalte der Hauptnährelemente N, P, K, Ca und Mg nicht nur im Nadeljahrgang 1, sondern auch im Nadeljahrgang 2 analysiert.

Die Einzelwerte der Probestämme des Kontrollnetzes in den Jahren 1985 oder 1986 bis 1992 beziehungsweise das Probestaualter und die Seehöhe der Probestpunkte sowie die an den einzelnen Probestpunkten ausgebrachten Düngerarten sind im Anhang ausgewiesen.

3.1.2 Kontrollnetz - Schwefelmissionseinwirkungen

Nachdem es von 1989 auf 1990 bei den Bäumen der "Netze 85 bzw. 86" in beiden Nadeljahrgängen zu einer deutlichen Abnahme der mittleren Schwefelgehalte gekommen war, stiegen diese Werte 1991 bzw. 1992 wieder auf das Niveau von 1989 (siehe Tabelle 4 und 5). Bei einer Klassifizierung der Schwefelgehalte nach den Bestimmungen der "Zweiten Verordnung gegen forstschädliche Luftverunreinigungen" kam es 1990 zum günstigsten Ergebnis im Verlauf der Untersuchungen. In den Jahren 1991 und 1992 kam es dagegen wieder relativ häufiger zu Grenzwertüberschreitungen und zu einem deutlichen Rückgang bei der Zahl von Probestämmen mit Einstufungen in die Gesamtklassifikation 1 (siehe Tabelle 4 und 6). Die sich 1989 andeutende und 1990 eingetretene Verbesserung erfuhr in den folgenden zwei Jahren keine Fortsetzung, sondern es folgte vielmehr wieder eine Verschlechterung, wie aus den folgenden gewichteten Jahresmitteln der Klassifikationswerte (der Tabellen 4 und 6) zu ersehen ist:

Jahr	Netz 85 (n=20)	Netz 86 (n=30)
1985	2.000	-
1986	2.000	2.033
1987	1.850	1.900
1988	2.200	2.167
1989	2.000	2.067
1990	1.700	1.667
1991	2.150	2.167
1992	2.050	2.067

3.1.3 Kontrollnetz-Nährelementversorgung der ungedüngten Probebäume

3.1.3.1 Nährelementgehalte

Sowohl beim "Netz 85" (siehe Tabelle 7) als auch beim erweiterten "Netz 86" (siehe Tabelle 9) kam es nur im Jahre 1991 wieder zu einer relativ besseren Versorgung mit Stickstoff, wodurch bei den Mittelwerten in etwa wieder das Niveau der Jahre 1985, 1986 bzw. 1988 erreicht wurde. Zieht man für die Beurteilung der zeitlichen Entwicklung nicht die Mittelwerte der Einzeljahre sondern gleitende 2-Jahresmittel heran, so kam es 1989/90 bei beiden Netzen mit 1.242 % N bzw. 1.231 % zu den ungünstigsten Ergebnissen, von denen dann 1990/91 und 1991/92 wieder Zunahmen in etwa auf die Werte von 1986/87 bis 1988/89 folgten. Eine Verbesserung der Versorgung mit Stickstoff - geschweige denn die Gefahr einer Stickstoff-Eutrophierung - ist aus den Ergebnissen für den Untersuchungszeitraum nicht abzulesen.

Die Phosphor-Mittelwerte, die bereits von 1988 auf 1989 deutlich abgesunken waren, erfuhren bei beiden Netzen 1990 noch eine weitere Absenkung, die sich bei den ungedüngten Bäumen des "Netzes 85" auch noch 1991 fortsetzte. Beim "Netz 86" kam es bereits ab 1991 zu ständigen Anstiegen der Mittelwerte, beim "Netz 85" erst 1992. Zieht man auch hier wieder die gleitenden 2-Jahresmittel für die Beurteilung der zeitlichen Entwicklung heran, so bestand bei beiden Netzen 1988/89 mit 0.180 bzw. 0.182 % P das beste Ergebnis im Verlauf der Untersuchung. Das gleitende 2-Jahresmittel sank daran anschließend beim "Netz 85" ständig bis 1990/91 und beim "Netz 86" auf idente Werte für 1989/90 und 1990/91 ab; 1991/92 kam es dann wieder zu einer deutlichen Zunahme, wodurch das günstigste Ergebnis von 1988/89 aber nicht ganz erreicht wurde.

Bis 1988 war es bei den Kalium-Mittelwerten zu einer Zunahme auf den höchsten Wert im Untersuchungszeitraum gekommen. In den folgenden drei Jahren nahmen die Werte dann aber - vor allem von 1990 auf 1991 - ab, um 1992 wieder in etwa das Niveau - von 1990 anzusteigen. Im Verlauf der sieben bzw. acht Untersuchungsjahre wies das "Netz 85" im Jahre 1985 und das "Netz 86" im Jahre 1991 den geringsten Kalium-Mittelwert auf.

Nach den Ergebnissen der gleitenden 2-Jahresmittel der Kalium-Mittelwerte kam es bei beiden Netzen bis 1988/89 zu einer ständigen Verbesserung der Kaliumversorgung, der dann bis 1991/92 aber eine ständige Verschlechterung folgte. Die bis 1989 begründete Hoffnung, daß sich die Versorgung mit Kalium - dem Element, bei dem nach Stickstoff am häufigsten Mangel zu konstatieren gewesen war - weiter verbessern würde, erfuhr durch die Ergebnisse der Jahre 1990 bis 1992 keine Bestätigung.

Nach den Ergebnissen der Mittelwerte der chemischen Nadelanalysen bestand bei Calcium eine zu Kalium verschiedene Entwicklung der Versorgung: Bei beiden Netzen kam es 1987 zum ungünstigsten und im letzten Untersuchungsjahr 1992 zum günstigstem Resultat. Während zwischen den Mittelwerten der Einzeljahre mehr oder

Bei Magnesium kam es bei beiden Netzen zu relativ starken Fluktuationen der Mittelwerte von Jahr zu Jahr, wobei bei beiden Netzen 1986 der höchste Mittelwert zu konstatieren war. Auch bei Magnesium kam es nach den gleitenden 2-Jahresmitteln von 1990/91 und 1991/92 am Ende des Untersuchungsraumes gegenüber den vorangegangenen Jahren zu einer Verbesserung der Versorgung.

3.1.3.2 Beurteilung der Nährelementgehalte (Klassifikation)

Wie aus den Tabellen 8 und 10 zu ersehen ist, kam es bei den ungedüngten Probestämmen der Kontrollnetze am häufigsten zu Mangel an Stickstoff. Beim "Netz 85" wiesen von 1985 bis 1992 zwischen 50 und 79 Prozent der Probestämme und beim "Netz 86" von 1986 bis 1992 zwischen 42 und 74 Prozent der Probestämme Stickstoff-Mangel auf. In den drei letzten Untersuchungsjahren lagen die Anteile der Bäume mit Stickstoff-Mangel beim "Netz 85" zwischen 57 und 79 Prozent und beim "Netz 86" zwischen 47 und 74 Prozent. Eine Verbesserung der Stickstoffversorgung deutet sich auch nach den Klassifikationsergebnissen nicht an.

Bei Kalium, dem Element bei dem bei den ungedüngten Bäumen der Kontrollnetze nach Stickstoff am häufigsten Mangel festzustellen war, kam es - wie aus den im folgenden angeführten gewichteten Mitteln der Klassifikationswerte zu ersehen ist - in den letzten zwei Untersuchungsjahren wieder zu einer deutlichen Verschlechterung, nachdem 1990 die günstigsten Resultate hinsichtlich der Versorgung mit Kalium festzustellen gewesen waren:

Kalium - gewichtete Mittel der Klassifikationswerte		
Jahr	Netz 85 (n=14)	Netz 86 (n=19)
1985	1.929	-
1986	2.214	2.368
1987	2.143	2.158
1988	2.286	2.474
1989	2.286	2.421
1990	2.357	2.474
1991	1.857	2.158
1992	2.143	2.211

Bei Magnesium war nur in zwei Jahren vereinzelt Mangel festzustellen. Im Gegensatz zu Kalium deutete sich bei Magnesium in den letzten zwei Jahren wieder eine Verbesserung an, wie aus den folgenden Auflistungen der gewichteten Mittel der Klassifikationswerte zu ersehen ist:

Magnesium - gewichtete Mittel der Klassifikationswerte		
Jahr	Netz 85 (n=14)	Netz 86 (n=19)
1985	1.929	-
1985	2.357	-
1986	2.643	2.579
1987	2.286	2.421
1988	2.571	2.632
1989	2.429	2.368
1990	2.357	2.316
1991	2.429	2.474
1992	2.500	2.526

Bei Phosphor und Calcium kam es 1992 bei beiden Netzen zum günstigsten bzw. wieder zum günstigsten Ergebnis im Verlauf der sieben bzw. acht Untersuchungsjahre.

3.1.3.3 Kontrollnetz - "Netz 86"

Nährelementquotienten der ungedüngten Probestämme

Für die Beurteilung der Nährelementsituation wurde neben der Klassifizierung der Nährelementgehalte nach den in Tabelle 1 angeführten Werten beim "Netz 86" auch geprüft, in welchem Umfang nach den Ergebnissen der Nährelementquotienten eine "harmonische" Ernährung gegeben ist, beziehungsweise ob und in welchem Umfang während des Untersuchungszeitraumes Änderungen eingetreten sind (HÜTTL 1985). In Tabelle 11 sind die Bereiche und Mittelwerte der Stickstoffquotienten, sowie des K/Ca-, K/Mg- und Ca/Mg-Verhältnisses für 1986 bis 1992 ausgewiesen. Die Mittelwerte der einzelnen Nährelementquotienten lagen bis auf drei Ausnahmen (Ca/Mg 1987, N/K 1991, N/P 1992) von 1986 bis 1992 in den "harmonischen" Bereichen, wobei für die Beurteilung wurden folgende Bereiche als "harmonisch" angenommen wurden:

N/P	7.01 - 10.00
N/K	1.01 - 3.00
N/Ca	2.01 - 7.00
N/Mg	8.01 - 14.00
K/Ca	0.81 - 2.40
K/Mg	2.21 - 6.40
Ca/Mg	2.51 - 5.00

Eine bessere Beurteilung der Nährelementquotienten erlauben die in Tabelle 12 ausgewiesenen Häufigkeitsverteilungen der Einzelbaumwerte auf den harmonischen Bereich und seine Unter- bzw. Überschreitungen. Bei den Nährelementverhältnissen N/P, N/K und Ca/Mg kam es häufiger zu "Ausreißern" aus den harmonischen

N/P	57.9 %
N/K	53.4 %
N/Ca	94.7 %
N/Mg	63.2 %
K/Ca	82.0 %
K/Mg	81.2 %
Ca/Mg	54.9 %

Während bei den N/P- und Ca/Mg-Verhältnissen die mittleren Anteile der Unterschreitungen des harmonischen Bereiches die Überschreitungen deutlich überwogen, war es beim N/K-Verhältnis umgekehrt. Bis auf zwei Ausnahmen - N/K und Ca/Mg - lagen die mittleren Anteile der letzten drei Untersuchungsjahre (1990 bis 1992) in derselben Größenordnung wie die oben angeführten mittleren Anteile der sieben Untersuchungsjahre. Im Zusammenhang mit der Verschlechterung der Kalium-Versorgung sank der mittlere Anteil im harmonischen N/K-Bereich auf 21 Prozent ab; der mittlere Anteil im harmonischen Ca/Mg nahm dagegen auf rund 65 Prozent zu.

3.1.3.4 Kontrollnetz - "Netz 86"

Nährelementversorgung/Höhenlage und Alter

Auf Grund der erheblichen Höhendifferenzen im Kontrollnetz (1030 bis 1630 Meter) und des unterschiedlichen Alters (80 bis 150 Jahre) wurden die Nährelementdaten auch nach Höhenlagen und Baumalter für den gesamten Untersuchungszeitraum ausgewertet, um einen Einblick in die Bedeutung dieser beiden Faktoren auf den Ernährungszustand der Fichte im Untersuchungsgebiet zu gewinnen.

3.1.3.4.1 Höhenlage

Um eine in etwa gleiche "Verteilung" zu erhalten, wurde eine Aufteilung in zwei Gruppen - bis 1400 Meter (Höhenstufe 1) und über 1400 Meter (Höhenstufe 2) - vorgenommen.

Nährelementgehalte

Die Mittelwerte von Calcium bzw. Magnesium lagen in allen sieben Jahren in der Höhenstufe 1 über denen der Höhenstufe 2 und bei Kalium traf dies auch für 5 Untersuchungsjahre zu (siehe Tabelle 13). Bei Stickstoff übertrafen dagegen die Mittelwerte der Höhenstufe 2 häufiger die der Höhenstufe 1, während bei Phosphor beide Höhenstufen gleich oft den höheren Wert aufwiesen und in einem Jahr praktisch gleich waren. Während die Mittelwerte der beiden Höhenstufen bei Stickstoff idente Abfolgen von Zu- oder Abnahmen von Jahr zu Jahr aufwiesen, traf dies bei den anderen Elementen - vor allem bei Calcium - nicht zu.

Zwischen den beiden Höhenstufen bestanden bei Kalium und Calcium insofern Unterschiede, daß in der Höhenstufe 1 die Differenzen zwischen den höchsten und

Im Mittel der 7 Jahre lagen die Kalium-, Calcium- und Magnesiumgehalte in der Höhenstufe 1 über denen der Höhenstufe 2.

Beurteilung der Nährelementgehalte (Klassifikation)

Berücksichtigt man die unterschiedliche Besetzung der beiden Höhenstufen, dann bewegte sich der Anteil der Bäume mit Stickstoff-Mangel in der Höhenstufe 1 zwischen 46 und 82 Prozent (Mittel 64 Prozent, Maximum 1992) und in der Höhenstufe 2 zwischen 38 und 88 Prozent (Mittel 61 Prozent, Maximum 1989).

Deutlichere Unterschiede bestanden zwischen den beiden Höhenstufen beim Kalium-Mangel. Während der Anteil der Bäume mit Kalium-Mangel in der Höhenstufe 1 zwischen 9 und 46 Prozent lag (Mittel 25 Prozent, Maximum 1987), bewegte sich der entsprechende Anteil in der Höhenstufe 2 zwischen Null und 37 Prozent (Mittel 9 Prozent, Maximum 1991). Wie aus Tabelle 14 zu ersehen ist, wies in der Höhenstufe 2 in 4 der 7 Untersuchungsjahre kein Baum Kalium-Mangel auf.

Der Anteil der Bäume mit einer ausreichenden Kalium-Versorgung war aber im Mittel in der Höhenstufe 1 mit 50 Prozent (36 bis 73 Prozent) größer als in der Höhenstufe 2 mit 43 Prozent (25 bis 50 Prozent).

Wesentlich größere Unterschiede ergaben sich zwischen den beiden Höhenstufen bei den Anteilen mit einer ausreichenden Calcium- und Magnesiumversorgung. Im Mittel der 7 Jahre lag der Anteil der Bäume mit einer ausreichenden Calcium-Versorgung in der Höhenstufe 1 bei rund 43 Prozent (18 bis 82 Prozent zwischen 1986 und 1992) und in der Höhenstufe 2 bei rund 23 Prozent (Null bis 38 Prozent zwischen 1986 und 1992). Die größten Unterschiede bestanden aber zwischen den zwei Höhenstufen bei den mittleren Anteilen mit einer ausreichenden Magnesiumversorgung: Während dieser Anteil in der Höhenstufe 1 rund 60 Prozent (46 bis 73 Prozent zwischen 1986 und 1992) betrug, lag er in der Höhenstufe 2 nur bei rund 36 Prozent (25 bis 50 Prozent zwischen 1986 und 1992).

Der mittlere Anteil mit einer ausreichenden Phosphorversorgung betrug in den beiden Höhenstufen rund 90 bzw. 91 Prozent, wobei die Jahreswerte zwischen 64 und 100 Prozent (Höhenstufe 1) bzw. 75 und 100 Prozent (Höhenstufe 2) schwankten.

Wie aus Tabelle 15, in der die Häufigkeitsverteilungen der "Mangeltypen" für die beiden Höhenstufen ausgewiesen sind, zu ersehen ist, wies die Höhenstufe 1 im Mittel vor allem einen wesentlich höheren Anteil beim Mangeltyp NK als die Höhenstufe 2 auf (Höhenstufe 1 rund 17 Prozent; Höhenstufe 2 rund 5 Prozent).

Nachdem sich für die Höhenstufe 1 in den Jahren 1988 und 1989 eine Verbesserung der Nährelementversorgung in Form einer Zunahme der Zahl von Bäumen ohne Mangel angedeutet hatte, ging diese in den letzten drei Untersuchungsjahren wieder etwas zurück. In der Höhenstufe 2 wiesen demgegenüber in den letzten drei Jahren mehr Bäume als 1989 keinen Mangel auf.

Nährelementverhältnisse

Wie aus Tabelle 16 zu ersehen ist, wies die Höhenstufe 2 beim Quotienten N/P, vor allem aber bei den K/Ca- und K/Mg-Verhältnissen im Mittel deutlich höhere Anteile im harmonischen Bereich als die Höhenstufe 1 auf. Während der mittlere Anteil von N/Mg-Verhältnissen im harmonischen Bereich in beiden Höhenstufen praktisch gleich war, bestand zwischen den beiden Höhenstufen insofern ein Unterschied, daß bei den nicht im harmonischen Bereich liegenden Werten in der Höhenstufe 1 Werte unterhalb und in der Höhenstufe 2 Werte oberhalb des harmonischen Bereichs deutlich überwogen. In beiden Höhenstufen kam es in den letzten zwei Jahren zu einem Rückgang des Anteils mit einem "harmonischen" N/K-Verhältnis.

3.1.3.4.2 Baumalter

Nährelementgehalte

Die Kaliummittelwerte der älteren Bäume lagen in allen 7 Jahren mehr oder minder deutlich unter den Werten des "jüngeren" Kollektivs (siehe Tabelle 17). Bei den Phosphor- und Magnesiummittelwerten traf dies in 6 und bei den Calciummittelwerten in 5 Jahren zu.

Nur bei Phosphor bestand bei beiden Altersgruppen eine idente Abfolge von Zu- bzw. Abnahmen von Jahr zu Jahr.

Die mittleren Veränderungen von Jahr zu Jahr waren in der Altersgruppe 2 bei Phosphor, Calcium und Magnesium größer als bei der Gruppe der jüngeren Bäume.

Im Mittel der sieben Jahre lagen die Phosphor-, Magnesium- und vor allem die Kaliumgehalte der Altersgruppe 1 über denen der Altersgruppe 2, während die mittleren Stickstoff- und Calciumgehalte nur um 1 bzw. 2 rel. Prozent differierten.

Beurteilung der Nährelementgehalte (Klassifikation)

Wie aus Tabelle 18 zu ersehen ist, wiesen die Bäume der Altersgruppe 1 im Durchschnitt der 7 Untersuchungsjahre weniger oft als die Altersgruppe 2 einen Kaliummangel auf (16 Prozent gegenüber 21 Prozent); der mittlere Stickstoffmangel lag in der Altersgruppe 2 auf Grund des günstigen Ergebnisses von 1991 nur geringfügig über dem der Altersgruppe 1.

Wesentlich deutlicher als beim mittleren Kaliummangel unterschiedlich sich die beiden Altersgruppen in den mittleren Anteilen mit einer ausreichenden Kaliumversorgung; während dieser Anteil in der Altersgruppe 1 bei rund 59 Prozent lag, lag er in der Altersgruppe 2 nur bei rund 35 Prozent. Zwischen den beiden Altersgruppen bestanden bei den mittleren Anteilen mit einer ausreichenden Stickstoff-, Phosphor-, Calcium- und Magnesiumversorgung nur geringe Unterschiede (allerdings mittlerer Anteile einer ausreichenden Versorgung bei N, P und Mg in der Altersgruppe 1 größer als in der Altersgruppe 2 und bei Ca in der Altersgruppe 1 kleiner als in der Altersgruppe 2).

Wie aus Tabelle 19 in der die Häufigkeitsverteilung der "Mangeltypen" für die bei-

32 Prozent/Altersklasse 2). Während in der Altersklasse 1 die mittleren Anteile mit alleinigem Stickstoff- oder Kaliummangel über den entsprechenden Werten der Altersklasse 2 lagen, wies diese einen deutlich höheren mittleren Anteil mit Mangel an Stickstoff + Kalium auf.

Nährelementverhältnisse

Zwischen den beiden Altersgruppen bestehen bei einem Teil der Nährelementquotienten mehr oder minder große Unterschiede (siehe Tabelle 20). Die Altersgruppe 1 wies im Mittel der 7 Untersuchungsjahre bei den N/K- und K/Ca-Verhältnissen höhere Anteile im harmonischen Bereich als die Altersgruppe 2 auf; bei den N/P- und K/Mg-Verhältnissen war es dagegen umgekehrt, wie aus der folgenden Auflistung der mittleren Anteile (gerundet) im harmonischen Bereich für die 4 Quotienten zu ersehen ist:

	Altersgruppe	
	1 (<100a)	2 (>100a)
N/P	47	70
N/K	63	43
K/Ca	86	78
K/Mg	76	86

Bei den anderen Quotienten bestanden dagegen vergleichsweise nur geringe Unterschiede bei den mittleren Anteilen im harmonischen Bereich zwischen den beiden Altersgruppen. Bei den N/Mg- bzw. K/Ca-Verhältnissen ergaben sich aber insofern Unterschiede zwischen den beiden Altersgruppen, daß beim N/Mg-Verhältnis in der Altersgruppe 1 die Anteile von Unterschreitungen des harmonischen Bereichs wesentlich häufiger als Überschreitungen waren, was in der Altersgruppe 2 umgekehrt war. Beim K/Ca-Verhältnis überwogen in der Altersgruppe 1 - im Gegensatz zur Altersgruppe 2 - die Anteile der Überschreitungen des harmonischen Bereichs die Unterschreitungen.

3.1.3.5 Kontrollnetz - "Netz 86"

Nährelementgehalte im Nadeljahrgang 2 der ungedüngten Probestämme

Durch die Analysierung der Nährelementgehalte im Nadeljahrgang 2 sollte geprüft werden ob Abweichungen vom "normalen" jahrgangsweisen Verlauf - Stickstoff, Phosphor, Kalium mit zunehmenden Nadelalter abnehmend; Calcium mit zunehmenden Nadelalter zunehmend; Magnesium indifferent - bestehen.

3.1.3.5.1 Nährelementgehalte

Die Mittelwerte der Quotienten der beiden Nadeljahrgänge entsprechen in allen Untersuchungsjahren den in der Literatur enthaltenen Angaben über jahrgangsbedingte Unterschiede (HÖLNE 1969). Bei einzelnen ungedüngten Bäumen wies aber

Der Gradient zwischen den beiden Nadeljahrgängen war bei Calcium mit 1.68 im Mittel der sieben Untersuchungsjahre am stärksten ausgeprägt, gefolgt von Phosphor und Kalium mit mittleren Quotienten von 0.79 bzw. 0.81; der Mittelwert der N₂:N₁-Quotienten lag dagegen nur bei 0.90 und der Mittelwert der Mg₂:Mg₁-Quotienten bei 1.01.

3.1.3.5.2 Höhenlage

Wie aus Tabelle 22 zu ersehen ist, kam es in der Höhenstufe 2 zu wesentlich größeren Schwankungen der N₂:N₁-Quotienten als in der Höhenstufe 1 und in den letzten zwei Untersuchungsjahren wieder zu größeren Unterschieden zwischen den Stickstoffgehalten der zwei Nadeljahrgänge. Auch die K₂:K₁-Quotienten wiesen in der Höhenstufe 2 eine größere Bandbreite als in der Höhenstufe 1 auf, während es bei den P₂:P₁-Quotienten umgekehrt war. Im Mittel der 7 Jahre waren die Nadeljahrgangsquotienten bei Stickstoff, Phosphor und Kalium in beiden Höhenstufen gleich; bei den Ca₂:Ca₁-Quotienten wies die Höhenstufe 2 im Mittel einen etwas höheren Wert auf, was bei den Mg₂:Mg₁-Quotienten auf die Höhenstufe 1 zutraf.

3.1.3.5.3 Baumalter

Auch zwischen den zwei Altersgruppen bestanden im Mittel der 7 Jahre bei den Nadeljahrgangsquotienten bei Stickstoff, Phosphor und Kalium praktisch keine Unterschiede. Sowohl bei Calcium als auch bei Magnesium wies die Altersgruppe 2 im Mittel aber etwas höhere Nadeljahrgangsquotienten auf. Nur in den Bandbreiten der K₂:K₁Quotienten, die in der Altersgruppe 2 größer war, bestanden Unterschiede (siehe Tabelle 23).

3.1.4 Kontrollnetz - Wuxaldüngung

Wie aus den Tabelle 24, 25, 28 und 29 zu ersehen ist, kam es durch die Düngung mit Wuxal bei den beprobten Bäumen kaum zu positiven Veränderungen gegenüber den ungedüngten Kontrollkollektiven. Bezogen auf die Werte von 1985 (vor der Düngung) wiesen die 1986 mit Wuxal gedüngten Bäume im siebenjährigen Mittel bei allen Elementen eine schlechtere Nährelementversorgung auf und lagen bei allen Elementen unter den entsprechenden Ergebnissen der Kontrollbäume des "Netzes 85". Ob und in welchem Umfang dafür die Tatsache maßgeblich war, daß die 1986 bzw. 1986 und 1987 mit Wuxal gedüngten Bäume bereits zu Versuchsbeginn eine günstigere Nährelementversorgung aufwiesen als die ungedüngt gebliebenen Bäume des Kontrollnetzes (vgl. Tabellen 8 bzw. 10 mit Tabellen 28 und 29), kann nicht beurteilt werden.

Wie aus den Tabellen 26 und 27, in denen die Häufigkeitsverteilungen der "Mangeltypen" ausgewiesen wurden, zu ersehen ist, wiesen bei den Wuxal gedüngten Bäumen im letzten bzw. in den zwei letzten Untersuchungsjahren alle Bäume einen Mangel an Stickstoff auf

ähnliche "Auslenkungen" aus den harmonischen Bereichen. Der Rückgang der N/P-Quotienten im harmonischen Bereich fiel bei den gedüngten Bäumen 1992 aber wesentlich stärker aus als bei den ungedüngten Bäumen aus. Auf der Gegenseite wiesen 1992 alle gedüngten Bäume Ca/Mg-Quotienten im harmonischen Bereich auf, was bei den ungedüngten Bäumen, trotz der deutlichen Verbesserung gegenüber Versuchsbeginn, nicht der Fall war (vgl. Tabelle 16 und Tabelle 30).

3.2 Düngungsflächen 1989

Zur Dokumentation der Ausgangslage der Nährelementversorgung und zur Planung der für 1989 vorgesehenen Düngung wurde 1988 mit der Untersuchung von zwei Düngungsversuchsflächen in den benachbarten Forstbetrieben Hatschek und Liechtenstein/Waldstein begonnen. In der FV Hatschek wurde dafür von sechs und in der FV Liechtenstein/Waldstein von 9 Probestämmen 1988 erstmals Astmaterial gewonnen und die jährlichen Entnahmen bis 1992 fortgesetzt. Auf beiden Versuchsflächen blieben je 3 Bäume ungedüngt; auf der Versuchsfläche Liechtenstein/Waldstein wurde die gedüngte Fläche in zwei Teilflächen am Ober- bzw. Unterhang unterteilt. Die Düngung erfolgte auf beiden Versuchsflächen im Frühjahr 1989 mit 2000 kg BASF-Spezialdünger/ha (N/K/Ca/Mg:4/11/16/18). Die Ergebnisse der chemischen Nadelanalysen im Nadeljahrgang 1 und 2 sind einzelbaumweise im Anhang ausgewiesen.

3.2.1 "Düngungsversuchsfläche 1989" - FV Hatschek

3.2.1.1 Nährelementgehalte im Nadeljahrgang 1 und Klassifikation der Nährelementgehalte

Stickstoff

Der mittlere Stickstoffgehalt der sechs Probestämme im Nadeljahrgang 1 lag 1988 bei 1.260 %N; die Bandbreite der Einzelbaumwerte lag zwischen 1.13 und 1.41 %N. Wie aus Tabelle 31 zu ersehen ist, wiesen die für die Düngung im Jahre 1989 vorgesehenen Bäume im Mittel im Jahre 1988 einen geringeren Stickstoffgehalt als die Kontrollbäume auf. Bei einer Beurteilung nach den in Tabelle 1 angeführten Werten bestand 1988 bei je der Hälfte der Probestämme entweder eine mangelhafte oder eine nicht ausreichende Versorgung mit Stickstoff (siehe Tabelle 32).

Während es bei den Kontrollbäumen 1989 zu einer Abnahme des mittleren Stickstoffgehaltes kam, stieg der Mittelwert der gedüngten Probestämme deutlich an. Bei Berücksichtigung des 1988 bestehenden Unterschiedes zwischen "Düngungs"- und Kontrollbäumen, waren die mittleren Stickstoffgehalte der gedüngten Probestämme zwischen 1989 und 1992 um rund 10 bis 21 Prozent höher als die jeweiligen Mittelwerte der Kontrolle.

Wie aus Tabelle 32 zu ersehen ist, wies von den gedüngten Bäumen 1989 nur noch einer und in den darauffolgenden zwei Jahren keiner eine mangelhafte Stickstoffversorgung auf. In diesen zwei Jahren kam es bei den ungedüngten Kontrollbäumen dagegen häufiger zu einer mangelhaften Stickstoffversorgung.

Phosphor

Sowohl bei den Kontrollbäumen als auch bei den 1989 gedüngten Bäumen bestand von 1988 bis 1992 immer eine ausreichende Versorgung. Von einem im Mittel etwas tiefer liegenden Wert im Jahre 1988 ausgehend, wiesen die gedüngten Bäume 1990 und 1991 gegenüber den Kontrollbäumen - obwohl nicht mit Phosphor gedüngt worden war - eine Anhebung der Phosphorgehalte auf.

Kalium

Im Gegensatz zu Stickstoff und Phosphor wiesen die beiden Kollektive bereits vor der Düngung einen größeren Unterschied in den mittleren Kaliumgehalten auf, der aber größtenteils nur auf dem Ergebnis eines Baumes beruhte, welcher als einziger im Jahre 1988 ausreichend versorgt war (siehe Tabelle 32). Von den restlichen 5 Bäumen wiesen 1988 dagegen 3 eine mangelhafte und 2 eine nicht ausreichende Versorgung mit Kalium auf. Nach der Düngung waren die mittleren Kaliumgehalte der gedüngten Bäume bis 1992 immer mehr als doppelt so hoch wie die der Kontrollbäume. Unter Berücksichtigung des 1988 bestehenden Unterschiedes kam es bei den gedüngten Bäumen gegenüber den Kontrollbäumen durch die Düngung immer noch zu einer Anhebung der mittleren Kaliumgehalte zwischen 1989 und 1992 um 72 bis 150 Prozent.

Nach den Klassifikationsergebnissen kam es auf der Kontrollfläche von 1989 bis 1991 im Vergleich zu 1988 in der Form zu einer geringen Verbesserung, daß immer nur noch ein Baum Kaliummangel aufwies und 1991 einer eine ausreichende Versorgung; auf der Düngungsfläche wiesen dagegen ab 1989 alle Bäume immer eine ausreichende Versorgung auf und der jeweils tiefste Wert lag ab 1989 immer deutlich über dem Grenzwert für eine ausreichende Versorgung.

Calcium

So wie bei Kalium lag auch bei Calcium der Mittelwert der zu düngenden Probebäume im Jahre 1988 deutlich über dem der Kontrollbäume. Dadurch ergab sich für die Kontrolle 1988 auch ein geringfügig schlechteres Ergebnis bei den Klassifikationsergebnissen nach Tabelle 1.

Zwischen 1989 und 1992 lagen die mittleren Calciumgehalte der gedüngten Bäume zwar in drei Jahren über den Ergebnissen der Kontrollbäume, berücksichtigt man aber den 1988 bestehenden Unterschied, so ergaben sich durch die Düngung keine Anhebungen gegenüber der Kontrolle. Das dokumentiert sich auch darin, daß es auf der Düngungsfläche nur 1989 - als alle Bäume ausreichend mit Calcium versorgt

Magnesium

Ebenso wie beim Kalium und Calcium wiesen die später gedüngten Probestämme auch bei Magnesium im Mittel 1988 einen höheren Wert als die Kontrolle auf. Die Klassifikationsverteilung war aber bei beiden Gruppen im Jahre 1988 dieselbe.

Von 1989 bis 1991 wiesen dann sowohl die Gruppe der gedüngten Bäume als auch die Kontrolle im Mittel geringere Magnesiumgehalte als 1988 auf. Die 1989 gedüngten Probestämme wiesen in allen Jahren bis 1992 im Mittel immer höhere Magnesiumgehalte als die Kontrolle auf; berücksichtigt man aber auch wieder die bereits 1988 bestehende Differenz, so ist nur 1990 und 1992 bei den gedüngten Probestämmen gegenüber der Kontrolle ein Anstieg anzunehmen.

Nach den Klassifikationsergebnissen besteht bei den gedüngten Probestämmen bis 1991 nur eine relative Verbesserung, nämlich im Vergleich zu den Kontrollbäumen.

3.2.1.2 Nährelementverhältnisse

Durch die Düngung kam es gegenüber den Kontrollbäumen bzw. den Werten von 1988 bei den 1989 gedüngten Probestämmen im Zusammenhang mit dem starken Anstieg der Kaliumgehalte der Nadeln vor allem zu starken Veränderungen bei den N/K-, K/Ca- und K/Mg-Verhältnissen (siehe Tabelle 33). Im Mittel von 1989 bis 1992 lag das N/K-Verhältnis bei den 1989 gedüngten Probestämmen 40 Prozent unter ihrem Wert von 1988, während die K/Ca- und K/Mg-Verhältnisse auf das Doppelte anstiegen.

Bei den Kontrollbäumen lag das N/K-Verhältnis im Mittel von 1989 bis 1992 zwar ebenfalls unter dem Ergebnis von 1988, die Abnahme betrug aber nur rund 8 Prozent. Ebenso wie bei den gedüngten Probestämmen kam es auch bei der Kontrolle im Mittel zu einer Zunahme der K/Mg-Verhältnisse, die aber nur rund 20 Prozent ausmachte. Beim mittleren K/Ca-Verhältnis, das durch die Düngung stark anstieg, wiesen die ungedüngten Kontrollbäume eine geringe Abnahme auf. Bei den anderen Nährelementverhältnissen bestand zwischen den beiden Behandlungsgruppen nur noch bei der Veränderung des Ca/Mg-Verhältnisses, das bei der Kontrolle stärker zunahm, ein größerer Unterschied.

Bei beiden Gruppen lagen die Mittelwerte in den einzelnen Jahren bei den N/Ca- und Ca/Mg-Verhältnissen im harmonischen Bereich, während die Mittelwerte der N/P-Verhältnisse bei beiden Gruppen von 1988 bis 1992 unter dem harmonischen Bereich lagen. Deutliche Unterschiede bestanden zwischen den zwei Gruppen bei den Mittelwerten der Einzeljahre bei den N/K-, K/Ca- und K/Mg-Verhältnissen. Auf Grund der nicht ausreichenden Kaliumversorgung lagen die Mittelwerte der N/K-Verhältnisse der Kontrollbäume immer über dem harmonischen Bereich; bei den gedüngten Bäumen lagen die Mittelwerte des K/Ca-Verhältnisses in zwei Jahren und die Mittelwerte der K/Mg-Verhältnisse in vier Jahren zwischen 1989 und 1992 über dem harmonischen Bereich.

Wie aus Tabelle 34. in welcher die Häufigkeitsverteilung der Nährelementkonzentration

ten Probestämme von 1989 bis 1992 immer N/K-Verhältnisse im harmonischen Bereich auf. Bei den K/Ca- und K/Mg-Verhältnissen kam es im Vergleich zu 1988 bzw. zur nach der Düngung im zunehmendem Umfang bis 1991 zu Überschreitungen des harmonischen Bereiches; erst 1992 war wieder eine Zunahme des Anteils von Werten im harmonischen Bereich festzustellen. Darüber hinaus kam es bei den gedüngten Bäumen von 1989 bis 1991 öfter zu Überschreitungen des harmonischen Bereichs der N/Mg-Verhältnisse und 1991 bzw. 1992 zu einer Zunahme von Werten im harmonischen Bereich der N/P-Verhältnisse.

Durch die Düngung kam es nur beim N/K-Verhältnis zu einer anhaltenden Verbesserung und in den letzten Jahren zu einer Verbesserung der N/P-Verhältnisse. Bei den N/Mg-, K/Ca- und K/Mg-Verhältnissen bewirkte die Düngung dagegen eine mehr oder minder starke bzw. andauernde Verschiebung zu Werten oberhalb des harmonischen Bereichs, auf Grund der zumindest bis 1992 geringeren Wirksamkeit der Düngung mit Calcium und Magnesium.

3.2.1.3 Nährelementgehalte im Nadeljahrgang 2

Vor der Düngung wiesen beide Gruppen im Jahre 1988 im Nadeljahrgang 2 - so wie in der Literatur beschrieben - geringere Stickstoff-, Phosphor- bzw. Kaliumgehalte und höhere Calciumgehalte als im Nadeljahrgang 1 auf; bei beiden Gruppen wies der Nadeljahrgang 2 im Jahre 1988 auch einen geringeren Magnesiumgehalt als der Nadeljahrgang 1 auf (siehe Tabelle 35).

Im Mittel der Jahre 1989 bis 1992 verflachte dann der Gradient zwischen den beiden Nadeljahrgängen in beiden Gruppen bei Stickstoff, Phosphor und Kalium, während sich die Unterschiede zwischen den Calciumgehalten der beiden Nadeljahrgänge in beiden Gruppen vergrößerte; bei Berücksichtigung der Resultate von 1988 war dieser Effekt bei den gedüngten Bäumen etwas stärker.

Bei den gedüngten Bäumen kam es auch bei Magnesium im Mittel zu einem geringeren Unterschied zwischen den Nadeljahrgängen; in allen vier Jahren wies in dieser Gruppe aber der Nadeljahrgang 1 im Mittel höhere Magnesiumgehalte als der Nadeljahrgang 2 auf, während dies bei der Kontrolle umgekehrt war. Dies deutet darauf hin, daß die Düngung mit Magnesium nicht unwirksam war, wenngleich das damit angestrebte Ziel einer ausreichenden Versorgung, wie aus den vorher behandelten Daten zu ersehen war, nur teilweise, wenn überhaupt erreicht wurde.

3.2.2 "Düngungsfläche 1989" - FV Liechtenstein-Waldstein

3.2.2.1 Nährelementgehalte im Nadeljahrgang 1 und Klassifikation der Nährelementgehalte

Stickstoff

Wie aus Tabelle 36 zu ersehen ist, lagen die Stickstoffgehalte im Jahre 1988 im

größere Unterschiede bestanden dagegen zwischen den Bäumen des Ober- und Unterhanges. Bei einer Beurteilung nach den in Tabelle 1 angeführten Werten ergab sich 1988 für mehr als die Hälfte der 9 Probestämme eine mangelhafte und für den Rest eine nicht ausreichende Stickstoffversorgung (siehe Tabelle 37).

Ebenso wie auf der "Düngungsfläche 1989" der FV Hatschek kam es auch auf der Düngungsfläche der FV Liechtenstein/Waldstein 1989 beim Mittelwert der Kontrollbäume zu einer Abnahme und bei den gedüngten Bäumen zu einer deutlichen Zunahme der Stickstoffgehalte. Bei Berücksichtigung des 1988 bestehenden Unterschiedes zwischen "Düngungs-" und Kontrollbäumen waren die mittleren Stickstoffgehalte der gedüngten 6 Probestämme zwischen 1989 und 1992 um rund 10 bis 19 Prozent höher als die entsprechenden Mittelwerte der Kontrolle. Die Zunahme des Stickstoffgehaltes gegenüber der Kontrolle um rund 19 Prozent war im Jahr der Düngung - 1989 - vorhanden; in den folgenden drei Jahren betrug sie dann nur noch rund 13, 10 und 12 Prozent. Im Mittel der Jahre 1989 bis 1992 lag die Steigerung des Stickstoffgehaltes in den Nadeln der gedüngten Bäume bei 13,6 Prozent.

Wie ebenfalls aus Tabelle 36 zu ersehen ist, fiel die Steigerung des Stickstoffgehaltes bei den Bäumen auf dem Unterhang wesentlich stärker aus als auf dem Oberhang. Am Unterhang lagen die mittleren Steigerungen von 1989 bis 1992 zwischen rund 15 und 29 Prozent und im Mittel der vier Jahre kam es gegenüber der Kontrolle zu einer Steigerung um 21,3 Prozent; am Oberhang betrugen die mittleren Steigerungen von 1989 bis 1992 dagegen nur rund 2 bis 9 Prozent und das Vierjahresmittel lag bei 5,9 Prozent.

Wie aus Tabelle 37 zu ersehen ist, kam es bei den Kontrollbäumen 1989 und 1990 gegenüber 1988 zu keinen Veränderungen bei den Einstufungen der Stickstoffgehalte nach Tabelle 1; in den letzten zwei Untersuchungsjahren wiesen dann alle Kontrollbäume nach den Ergebnissen der chemischen Nadelanalysen eine mangelhafte Stickstoffversorgung auf. Bei den gedüngten Bäumen (Ober- und Unterhang) kam es bis 1991 - vor allem 1989 und 1990 - zu einer deutlichen Verbesserung der Stickstoffversorgung; während die Verbesserung auf dem Unterhang bis 1991 anhielt, bestand diese auf dem Oberhang nur 1989.

Phosphor

Wie aus Tabelle 37 zu ersehen ist, wiesen bis auf eine Ausnahme alle anderen Probestämme von 1988 bis 1992 immer eine ausreichende Phosphor-Versorgung auf. Im Mittel wiesen die für die Düngung vorgesehenen Bäume 1988 etwas höhere Phosphorgehalte als die Kontrollbäume auf. Von 1989 bis 1992 kam es aber bei den 1989 gedüngten Bäumen, bei Berücksichtigung des 1988 bestehenden Unterschieds, gegenüber den Kontrollbäumen zu geringfügigen Absenkungen der mittleren Phosphorgehalte zwischen rund 1 bis 7 Prozent.

von 1988 lag, war bei den Bäumen des Oberhanges eine Abnahme des mittleren Phosphorgehaltes in den Jahren 1989 bis 1992 gegenüber 1988 festzustellen.

Kalium

Wie aus Tabelle 36 zu ersehen ist, lagen die Kaliumgehalte im Jahre 1988 im Bereich von 0.23 bis 0.89 %K. Im Mittel wiesen die 6 für die Düngung vorgesehenen Bäume eine bessere Versorgung mit Kalium als die Kontrolle auf. Noch größere Unterschiede bestanden dagegen vor der Düngung zwischen den Mittelwerten der Bäume des Ober- und Unterhanges. Bei einer Beurteilung der Kaliumwerte nach den in Tabelle 1 angeführten Werten bestand 1988 bei mehr als der Hälfte der Probestämme eine ausreichende Versorgung; 3 Bäume wiesen eine nicht ausreichende und einer der Kontrollbäume eine mangelhafte Versorgung mit Kalium auf (siehe Tabelle 37).

Während der mittlere Kaliumgehalt der Kontrollbäume bis 1992 ständig abnahm, kam es bei den gedüngten Bäumen bis 1990 zu deutlichen Zunahmen; 1991 und 1992 ging der mittlere Kaliumgehalt dann zwar zurück, lag aber immer noch deutlich über dem Ergebnis von 1988. Bei Berücksichtigung des Unterschieds von "Düngungs-" und Kontrollbäumen im Jahre 1988, waren die mittleren Kaliumgehalte der gedüngten 6 Probestämme von 1989 bis 1992 um rund 76 bis auf mehr als das Doppelte der entsprechenden Mittelwerte der Kontrolle angehoben. Zur stärksten Steigerung des mittleren Kaliumgehaltes gegenüber der Kontrolle kam es 1990; in den folgenden zwei Jahren entsprachen die Steigerungen dann wieder in etwa der Steigerung von 1989. Im Mittel der Jahre 1989 bis 1992 lag die Steigerung des Kaliumgehaltes in den Nadeln der gedüngten Bäume gegenüber der Kontrolle bei fast 90 Prozent.

Wie ebenfalls aus Tabelle 36 zu ersehen ist, fiel die Steigerung des Kaliumgehaltes bei den Bäumen des Unterhanges erheblich stärker als bei denen des Oberhanges aus: Gegenüber der Kontrolle wies das Vierjahresmittel am Unterhang eine Steigerung um rund 112 Prozent und am Oberhang um rund 65 Prozent auf.

Während bei den Kontrollbäumen eine Zunahme des Probebaumanteils mit Kaliummangel ab 1989 bestand, wiesen alle gedüngten Probestämme bis 1991 eine ausreichende Versorgung mit Kalium auf.

Calcium

Die Calciumgehalte der 9 Probestämme lagen 1988 im Bereich von 0.27 bis 0.67 %Ca; der Mittelwert der Kontrollbäume lag etwas über dem der für die Düngung vorgesehenen Bäumen. Ebenso wie bei Kalium bestanden bei den für die Düngung vorgesehenen Bäumen aber deutliche Unterschiede zwischen Ober- und Unterhang im mittleren Calciumgehalt (siehe Tabelle 36). Nach den in Tabelle 1 ausgewiesenen Beurteilungswerten wiesen 1988 bis auf einen Probebaum alle eine ausreichende Versorgung mit Calcium auf (siehe Tabelle 37).

Im Gegensatz zur "Düngungsfläche 1989" in der FV Hatschek kam es in der FV Liechtenstein/Waldstein ab 1989 bei den gedüngten Bäumen gegenüber den Kontroll-

ren Calciumgehalte der gedüngten Probebäume um rund 28 bis 69 Prozent höher als die entsprechenden Mittelwerte der Kontrolle. So wie bei Kalium kam es auch beim Calcium im Jahre 1990 zur stärksten Steigerung des Calciumgehaltes. Im Mittel der Jahre 1989 bis 1992 lag die Steigerung des Calciumgehaltes in den Nadeln der gedüngten Bäume gegenüber der Kontrolle bei 44,9 Prozent. Im Gegensatz zu den anderen Elementen fiel die Steigerung im Mittel von 1989 bis 1992 am Unter- bzw. Oberhang mit 45,7 bzw. 44,5 Prozent fast gleich aus.

Während es bei den gedüngten Bäumen 1989 und 1990 gegenüber 1988 zu keinen Veränderungen des Anteils von Bäumen mit einer ausreichenden Versorgung kam, lag dieser Anteil bei den Kontrollbäumen von 1989 bis 1991 unter dem Ergebnis von 1988. Erst 1992 kam es bei der Kontrolle wieder zu einem günstigeren Resultat; nach einer Verschlechterung im Jahre 1991 wiesen alle gedüngten Bäume 1992 eine ausreichende Versorgung auf.

Magnesium

Die Magnesiumgehalte der 9 Probebäume lagen 1988 zwischen 0,08 und 0,18 % Mg; die Kontrollbäume wiesen im Mittel einen etwas höheren Magnesiumgehalt als die für die Düngung vorgesehenen Bäume auf. Deutlichere Unterschiede bestanden wieder zwischen den Mittelwerten der Probebäume des Unter- und Oberhanges (siehe Tabelle 36). Von den 9 Probebäumen wiesen 1988 etwas mehr als die Hälfte eine ausreichende Versorgung und der Rest eine nicht ausreichende Versorgung mit Magnesium auf.

Ab 1989 wiesen sowohl die gedüngten Bäume als auch die Kontrollbäume im Mittel deutlich geringere Magnesiumgehalte als 1988 auf. Diese Abnahme fiel bei den gedüngten Bäumen merklich schwächer aus, wodurch bei Berücksichtigung des Unterschieds zwischen "Düngungs-" und Kontrollbäumen im Jahre 1988 die mittleren Magnesiumgehalte der gedüngten Probebäume um rund 10 bis 36 Prozent höher als die entsprechenden Werte der Kontrollbäume waren und im Mittel der Jahre 1989 bis 1992 eine Steigerung von rund 23 Prozent zustande kam. Ebenso wie bei Kalium und Calcium war auch bei den Magnesiumgehalten 1990 die größte Steigerung gegenüber der Kontrolle vorhanden. Die Steigerungen fielen bei den Probebäumen des Unterhanges auch wieder stärker aus (Unterhang: Einzeljahre 19 bis 38 Prozent, Vierjahresmittel 27 Prozent; Oberhang: Einzeljahre 2 bis 34 Prozent, Vierjahresmittel 18 Prozent).

Während bei den gedüngten Bäumen von 1989 bis 1991 keine Veränderungen des Anteils von Bäumen mit einer ausreichenden Versorgung eintrat (was sowohl für die Probebäume des Unter- als auch des Oberhanges zutraf), kam es bei den Kontrollbäumen bei einer Beurteilung der Magnesiumgehalte nach den in Tabelle 1 angeführten Werten ab 1989 zu einer Verschlechterung der Magnesiumversorgung.

K/Mg und Ca/Mg-Verhältnissen ab 1989 zu stärkeren Veränderungen im Vergleich zum Resultat von 1988 (siehe Tabelle 38).

Im Mittel von 1989 bis 1992 lag das N/K-Verhältnis bei den gedüngten Bäumen rund 31 Prozent unter dem Ergebnis von 1988, während der entsprechende Mittelwert der Kontrollbäume eine Zunahme um 7 Prozent aufwies. Im Vierjahresmittel wiesen zwar auch die Kontrollbäume eine Zunahme der K/Ca- und K/Mg-Verhältnisse auf, bei den gedüngten Bäumen fiel diese Zunahme aber erheblich stärker aus und erreichte nach Abzug der Steigerung der Kontrolle noch immer 25 Prozent beim K/Ca-Verhältnis und fast 60 Prozent beim K/Mg-Verhältnis. Im Gegensatz zur Versuchsfläche in der FV Hatschek nahm das mittlere Ca/Mg-Verhältnis in der FV Liechtenstein/Waldstein gegenüber 1988 nur bei den gedüngten Bäumen rund 23 Prozent zu, während es bei der Kontrolle zu einer Abnahme um rund 12 Prozent kam. In der FV Liechtenstein/Waldstein kam es außerdem auch noch beim N/Ca-Verhältnis zwischen den zwei Behandlungsgruppen zu stärkeren Unterschieden in der Entwicklung ab 1989; während das Vierjahresmittel 1989/92 der N/Ca-Verhältnisse der gedüngten Bäume nur 2 Prozent über dem Resultat von 1988 lag, kam es bei den Kontrollbäumen zu einer Zunahme des entsprechenden Wertes um 42 Prozent.

Wie ebenfalls aus Tabelle 38 zu ersehen ist, wiesen beide Behandlungsgruppen 1988 bis auf eine Ausnahme - das N/K-Verhältnis lag bei beiden über dem harmonischen Bereich - mittlere Nährelementverhältnisse im harmonischen Bereich auf. Während bei der Kontrolle die mittleren N/K-Verhältnisse in den folgenden vier Jahren weiterhin über den harmonischen Bereich lagen, war dies bei den gedüngten Probestämmen ab 1989 nicht mehr der Fall. Während die mittleren N/P-, N/Mg- und K/Ca-Verhältnisse in den einzelnen Jahren auch ab 1989 bei den gedüngten Bäumen immer im harmonischen Bereich lagen, kam es bei den Kontrollbäumen bei diesen Quotienten in einem oder zwei Jahren zu Werten ober- und unterhalb des harmonischen Bereiches. Der umgekehrte Fall trat bei den Mittelwerten der K/Mg- und Ca/Mg-Verhältnisse ein: Während die Mittelwerte der Kontrollbäume immer im harmonischen Bereich lagen, lagen die Mittelwerte dieser Quotienten bei den gedüngten Bäumen in einem bzw. zwei Jahren über dem harmonischen Bereich.

Wie aus Tabelle 39, in welcher die Häufigkeitsverteilung der Nährelementquotienten auf den harmonischen Bereich und seine Unter- und Überschreitungen für die gedüngten und ungedüngten Probestämme ausgewiesen sind, zu ersehen ist, kam es bei den gedüngten Bäumen ab 1989 vor allem bei den N/K- und K/Ca-Verhältnissen vermehrt zu Werten im harmonischen Bereich, während dies bei den K/Mg- und Ca/Mg-Verhältnissen umgekehrt war.

Beim N/P-Verhältnis kam es bei den gedüngten Bäumen dagegen nach 1989 erst wieder 1992 zu einer Verbesserung im Vergleich zu 1988. Berücksichtigt man aber auch die negativen Veränderungen der N/P-Verhältnisse der Kontrollbäume, dann bestand bei den gedüngten Bäumen auch bei den N/P-Quotienten neben den N/K-

und Ca/Mg-Quotienten; während alle Kontrollbäume 1989 und 1990 K/Mg- und Ca/Mg-Quotienten im harmonischen Bereich aufwiesen, was sich bei den Ca/Mg-Quotienten bis 1992 fortsetzte, wiesen bei den gedüngten Bäumen von 1989 bis 1992 immer weniger Bäume K/Mg- bzw. Ca/Mg-Verhältnisse im harmonischen Bereich als 1988 auf.

Von den gedüngten Probestämmen wiesen die am Unterhang im Mittel von 1989 bis 1992 eine stärkere Abnahme der N/K-Quotienten und eine stärkere Zunahme der K/Ca- bzw. K/Mg-Verhältnisse als die am Oberhang auf. Die Zunahmen von K/Ca- und vor allem K/Mg-Quotienten oberhalb des harmonischen Bereichs von 1989 bis 1992 bei den gedüngten Bäumen betrafen ausschließlich Probestämme des Unterhangs.

3.2.2.3 Nährelementgehalte im Nadeljahrgang 2

Vor der Düngung wiesen beide Behandlungsgruppen im Jahre 1988 im Nadeljahrgang 2 geringere Stickstoff-, Phosphor-, Kalium- und Magnesiumgehalte als im Nadeljahrgang 1 auf; im Gegensatz zu den in der Literatur enthaltenen Angaben wiesen die Kontrollbäume 1988 im Nadeljahrgang 2 im Mittel geringere Calciumgehalte als im Nadeljahrgang 1 auf (siehe Tabelle 40).

Im Mittel der Jahre 1989 bis 1992 verflachte dann der Gradient zwischen den beiden Nadeljahrgängen in beiden Behandlungsgruppen bei Kalium und vor allem bei Stickstoff. Die mittleren Calciumgehalte lagen im Nadeljahrgang 2 von 1989 bis 1992 sowohl bei den gedüngten Probestämmen als auch bei der Kontrolle in allen Jahren deutlich über den mittleren Calciumgehalten im Nadeljahrgang 1. Zu Unterschieden zwischen den beiden Gruppen kam es bei den Veränderungen der Gradienten der Vierjahresmittel der Phosphor- und Magnesiumgehalte in den beiden Nadeljahrgängen. Während sich bei den gedüngten Bäumen der Unterschied zwischen den zwei Nadeljahrgängen im Phosphorgehalt verringerte und im Magnesiumgehalt vergrößerte, war es bei den Kontrollbäumen umgekehrt.

Im Vierjahresmittel von 1989 bis 1992 verflachte der Gradient der Stickstoff-, Phosphor- und Kaliumgehalte zwischen den beiden Nadeljahrgängen gegenüber 1988 sowohl bei den Bäumen am Ober- als auch bei denen am Unterhang, während der Unterschied der mittleren Calciumgehalte zwischen den beiden Nadeljahrgängen vor allem am Oberhang zunahm.

Zwischen Ober- und Unterhang bestanden dagegen Unterschiede bei den Veränderungen der mittleren Magnesiumgradienten der Jahre 1989 bis 1992 gegenüber 1988, als der Nadeljahrgang 2 sowohl bei den Bäumen am Ober- als auch am Unterhang im Mittel etwas geringere Magnesiumgehalte als der Nadeljahrgang 1 aufgewiesen hatte; während die mittleren Magnesiumgehalte beider Nadeljahrgänge in der Periode 1989/92 am Oberhang gleich waren, wies der Nadeljahrgang 2 der Bäume am Unterhang deutlich geringere Magnesiumgehalte als der Nadeljahrgang 1 auf.

3.2.3 Vergleich der Ergebnisse der "Düngungsflächen 1989"

Wie in den beiden vorangegangenen Abschnitten dargelegt, kam es bei den Parallelversuchen in den Forstverwaltungen Hatschek und Liechtenstein/Waldstein durch die Düngung zu deutlichen Veränderungen der Versorgung mit Kalium und Stickstoff im Jahre 1989.

Gegenüber 1988 wiesen die gedüngten Bäume im Vierjahresmittel eine Steigerung des Stickstoffgehaltes um 14 Prozent in der FV Hatschek und um rund 4 Prozent in der FV Liechtenstein/Waldstein auf; bei Berücksichtigung der Veränderungen der Stickstoffgehalte auf den jeweiligen Kontrollflächen - die gegenüber 1988 in der Periode 1989/92 im Mittel um rund zwei bzw. acht Prozent abnahmen - ergibt sich eine Zunahme des mittleren Stickstoffgehaltes von rund 15 Prozent in der FV Hatschek und von rund 13 Prozent in der FV Liechtenstein/Waldstein (siehe Tabelle 41).

Wesentlich stärker fielen die Zunahmen der Kaliumgehalte aus; wieder unter Berücksichtigung der Veränderungen bei den jeweiligen Kontrollbäumen war in der FV Hatschek mehr als eine Verdopplung und in der FV Liechtenstein/Waldstein fast eine Verdopplung der mittleren Kaliumgehalte in der Periode 1989/92 gegenüber 1988 festzustellen.

Bei den anderen drei Elementen kam es dagegen auf den gedüngten Parzellen der beiden Versuchsflächen bei Berücksichtigung der Veränderungen auf den jeweiligen Kontrollparzellen zu voneinander abweichenden Entwicklungen.

In der FV Hatschek kam es auf der Düngungsparzelle zwar einerseits zu einer Anhebung der Phosphorgehalte, welche in der FV Liechtenstein/Waldstein nicht zu beobachten war, andererseits aber zu einer Absenkung der Calciumgehalte und im Mittel der vier Jahre nach der Düngung nur zu einer geringfügigen Anhebung der Magnesiumgehalte; in der FV Liechtenstein/Waldstein nahmen dagegen die Calciumgehalte nach der Düngung im Vierjahresmittel um 45 Prozent und die Magnesiumgehalte um 23 Prozent zu. Als Grund für diese Unterschiede auf den zwei Versuchsflächen kommt nach den Ergebnissen der bodenchemischen Untersuchungen der geringere pH-Wert und die geringere Basensättigung auf der Versuchsfläche der FV Hatschek in Frage. Als Erklärung für die im vorhergehenden Abschnitt behandelten Unterschiede der Düngerwirkung zwischen Ober- und Unterhang in der FV Liechtenstein/Waldstein - vor allem bei Stickstoff und Kalium - bietet sich dagegen in erster Linie eine Dünger- bzw. Nährelementverfrachtung durch Niederschläge an.

Wie aus Tabelle 42 zu ersehen ist, unterschieden sich die gedüngten Parzellen der beiden Forstverwaltungen auf Grund der unterschiedlichen Calcium- bzw. Magnesium-Wirkung vor allem bei den Veränderungen der K/Ca- bzw. K/Mg-Quotienten in den Jahren 1989 bis 1992 gegenüber 1988. Im Vierjahresmittel stiegen diese beiden Quotienten im Vergleich zu 1988 in der FV Hatschek auf rund das Doppelte an, während die Zunahmen in der FV Liechtenstein/Waldstein bei rund 50 bzw. 60 Prozent lagen.

gen von Nährelementgehalten der Kontrollflächen. Während die Stickstoff- und Phosphorgehalte der zwei Kontrollflächen im Vierjahresmittel 1989 bis 1992 gegenüber 1988 in etwa noch vergleichbare bzw. geringe Veränderungen aufwiesen, bestanden bei den Veränderungen der mittleren Kalium-, Calcium- und Magnesiumgehalte in der Periode 1989/92 gegenüber 1988 deutliche Unterschiede. Während die Kalium- und Calciumgehalte in der FV Hatschek auf der Kontrollfläche zunahmen, kam es in der FV Liechtenstein/Waldstein zu deutlichen Abnahmen. Auf beiden Kontrollflächen nahmen zwar die Magnesiumgehalte im Vierjahresmittel gegenüber 1988 ab, die Abnahme fiel aber auf der Kontrollfläche in der FV Liechtenstein/Waldstein stärker aus.

Wie aus Tabelle 42 zu ersehen ist, kam es durch die unterschiedlichen Veränderungen der Nährelementgehalte auf den zwei Kontrollflächen auch bei den meisten Nährelementquotienten zu unterschiedlichen oder verschieden starken Veränderungen in den Jahren 1989 bis 1992 gegenüber 1988. Die stärksten Unterschiede bestanden in den N/Ca-, K/Ca- und Ca/Mg-Verhältnissen.

Verwendet man für den Vergleich der "Düngerwirksamkeit" auf den Versuchspartellen der beiden Forstverwaltungen die Klassifikationsergebnisse der Nährelementgehalte (Tabelle 32 und 37), beziehungsweise die aus den Häufigkeitsverteilungen errechneten gewichteten Klassenmittel, dann kam es auf den gedüngten Parzellen beider Forstverwaltungen zu Verbesserungen der Stickstoff- und Kaliumversorgung in der Periode 1989/92 gegenüber 1988. Bei Calcium und Magnesium unterschieden sich die gewichteten Klassenmittel von 1988 und der Periode 1989/92 auf den Düngungspartellen dagegen nur geringfügig. Berücksichtigt man auch hier wieder die Veränderungen der gewichteten Klassenmittel auf den Kontrollpartellen, dann ergibt sich für die Düngungspartelle der FV Liechtenstein/Waldstein für die Periode 1989/92 neben einer Verbesserung der Stickstoff- und Kaliumversorgung auch noch eine deutliche Verbesserung hinsichtlich Calcium und Magnesium; in der FV Hatschek war dagegen neben der deutlichen Verbesserung der Stickstoff- und Kaliumversorgung nur - im Vergleich zur Düngungspartelle Liechtenstein/Waldstein - geringe Verbesserung der Magnesiumversorgung vorhanden.

3.3 "Düngungsflächen 1987" FV Liechtenstein/Waldstein

In der Forstverwaltung Liechtenstein/Waldstein wurden 1987 zwei Düngungsversuche (Düngungspartellen 10 und 11) mit "Wuxal" beziehungsweise "Silvital" angelegt (KILIAN 1989). Die erste Nadelprobenentnahme erfolgte im Herbst 1986 - vor der Düngung - in der Weise, daß auf der Versuchsfläche 10 vier Baumpaare (gesund/vergilbt) und auf der Versuchsfläche 11 zwei Baumpaare beprobt wurden. Auf der Versuchsfläche 10 wurden 1987 zwei Baumpaare und auf der Versuchsfläche 11 ein Baumpaare gedüngt.

1992 Beprobungen. Die Ergebnisse der chemischen Nadelanalysen des Nadeljahrganges 1 sind für die Einzelbäume beider Versuchsflächen im Anhang ausgewiesen.

3.3.1 Versuchsfläche 10

3.3.1.1 Nährelementgehalte

Im Jahre 1986 lagen die Mittelwerte der Stickstoff-, Phosphor- und vor allem Kaliumgehalte der vergilbten Probebäume unter den entsprechenden Werten der "grünen". Bei den Calcium- und Magnesiummittelwerten ergaben sich dagegen zwischen den beiden Gruppenmittelwerten keine wesentlichen Differenzen.

Wie aus Tabelle 43, in der die Mittelwerte der jeweils zwei Probebäume der vier Gruppen für die Hauptnährelemente ausgewiesen sind, zu ersehen ist, kam es durch die Wuxaldüngung 1987 zu keiner Verbesserung der Nährelementsituation. Die deutlichste Verbesserung bestand 1987 gegenüber 1986 beim Kaliumgehalt der vergilbten, ungedüngten Kontrollbäume.

Ab 1989 kam es dann aber gegenüber 1986 zu einer Anhebung der Stickstoff- und vor allem Kaliumgehalte im Nadeljahrgang 1 der "grünen" und "vergilbten" Probebäume, die 1987 gedüngt worden waren. Während eine düngungsbedingte Verbesserung der Stickstoffversorgung bei Berücksichtigung der Ergebnisse der Kontrollbäume nur bis 1990 anzunehmen ist, hielt die Verbesserung der Kaliumversorgung bis 1992 an. Bei den "vergilbten" Probebäumen, die 1987 gedüngt worden waren, kam es in den letzten Untersuchungsjahren auch noch zu einer Verbesserung der Phosphorversorgung.

3.3.1.2 Beurteilung der Nährelementgehalte (Klassifikation)

Bei einer Beurteilung der Nährelementgehalte nach Tabelle 1 hatten 1986 sieben der acht Probebäume Mangel an zumindest einem Element aufgewiesen. Die Gruppe der "grünen" und "vergilbten" Bäume unterschieden sich aber hinsichtlich der Häufigkeit von Mangel an mehr als einem Element. Von den "vergilbten" Probebäumen wiesen alle einen Mangel an Stickstoff + Kalium auf und je einer zusätzlich auch noch Mangel an Phosphor bzw. Magnesium. Von den vier "grünen" Bäumen wies dagegen nur einer auch einen Mangel an Stickstoff + Kalium, zwei einen Stickstoff-Mangel und ein Probaum keinen Mangel auf.

In den Jahren 1989 und 1990 wiesen die gedüngten Bäume eine etwas günstigere Stickstoff-Klassifikation als die ungedüngten Bäume auf. Ab 1991 bestanden aber in beiden Gruppen in etwa dieselben Häufigkeitsverteilungen auf die drei Versorgungsklassen entsprechend Tabelle 1. Ab 1989 kam es allgemein auch zu einer Verbesserung der Phosphor-Versorgung. Die vier gedüngten Probebäume wiesen von 1989 bis 1992 immer eine ausreichende Versorgung auf, während bei den ungedüngten Probebäumen 1990 bzw. 1991 bei einem bzw. zwei Probebäumen nach den Ergebnissen der

Eine ähnliche Entwicklung bestand auch bei Kalium. Von den vier gedüngten Probenbäumen wies ab 1989 je ein "vergilbter" und "grüner" Baum immer eine ausreichende Versorgung auf. Auch bei den ungedüngten Probenbäumen kam es ab 1989 ständig zu einer Verbesserung bei den Einstufungen in die drei Versorgungsklassen und 1992 wiesen schließlich auch die zwei "vergilbten - ungedüngten" Probenbäume eine ausreichende Versorgung mit Kalium auf.

Bei den Häufigkeitsverteilungen der Magnesium-Einstufungen bestanden von 1989 bis 1991 bei den Gruppen der gedüngten bzw. ungedüngten und "grünen" bzw. "vergilbten" Probenbäume praktisch keine Veränderungen; nur 1990 wies ein gedüngter - "vergilbter" Probenbaum eine ausreichende Versorgung auf. 1992 wiesen dagegen zwei ungedüngte Probenbäume eine mangelhafte Magnesiumversorgung auf.

Stark rückläufig war ab 1990 auch die Häufigkeit von Probenbäumen mit Mangel an mehr als einem Element. Während 1989 noch bei den selben 4 Bäumen wie 1987 Mangel an mehr als einem Element bestand - in allen vier Fällen N + K-Mangel -, war dies 1990 und 1991 nur noch bei einem Probenbaum der Fall. Von den übrigen Probenbäumen wiesen 1990 drei einen Stickstoffmangel und zwei einen Kaliummangel auf; 1991 kam es bei drei Bäumen zu einem Stickstoffmangel und bei einem Baum zu Kaliummangel. Die Fälle von Kaliummangel entfielen alle auf die Gruppen der "vergilbten" Probenbäume. 1992 wiesen dann nur noch drei der acht Probenbäume Mangel an einem Element auf. Zwei ungedüngte Probenbäume (je ein "grüner" bzw. "vergilbter") wiesen einen Mangel an Magnesium und ein gedüngter, "vergilbter" Probenbaum einen Stickstoffmangel auf.

Von der allgemeinen Verbesserung der Nährelementversorgung in den letzten Untersuchungsjahren gegenüber 1986 bzw. 1987 profitierten die "grünen" Probenbäume fast doppelt so viel wie die "vergilbten", wenn man die Häufigkeit von Bäumen ohne Mangel in den Jahren von 1989 bis 1992 für die Beurteilung heranzieht.

3.4 Witterung und Nährelementgehalte

Wie mehrfach in der Literatur beschrieben, kommt es durch kurz- und mittelfristige Witterungseinflüsse zu Beeinflussungen der Nährelementversorgung (BERGMANN 1983, HEINSDORF 1966 und 1973, HUNGER 1970, SCHMIDT 1985, WEHRMANN 1961). Sowohl im Hinblick auf die Beteiligung der Witterung am Zustandekommen der im Untersuchungsgebiet zu beobachtenden Schädigungen als auch im Hinblick auf die Schwankungen der Nährelementspiegelwerte der Nadeln wird im folgenden versucht, auch diese Einflußgröße mit den Ergebnissen der chemischen Nadelanalyse-daten zumindest ansatzweise zu verknüpfen. Wie meistens stehen keine längerfristigen Witterungsdaten aus dem Untersuchungsgebiet selbst zur Verfügung. Aus diesem Grunde konnten nur die Ergebnisse der Station Zeltweg im A11-Gebiet (s. Tab. 1) herangezogen werden.

Untersuchungsgebiet und im Aichfeld in ihren Absolutwerten unterscheiden, soll auch nur der Versuch unternommen werden, die Werte der Station Zeltweg im Zeitraum der Untersuchungen im Gleingraben auf Extreme zu untersuchen, die auch im Gleingraben auf dem lokalen Niveau aufgetreten sein dürften.

Wie aus Tabelle 44 zu ersehen ist, überwogen vor allem in den letzten zehn Jahren (1983 bis 1992) die zu "warmen Sommer" und in der Fünfjahresperiode 1983/87 die "zu trockenen Sommer".

Wie aus Tabelle 45, für welche die Abweichungen von Periodenniederschlägen (IV-IX, V-IX, VI-VIII) und von Periode-temperaturen (IV-IX, V-IX, VI-VIII) der Einzeljahre von den langjährigen Mitteln vier "Witterungstypen" - "zu warm/zu feucht" (WF), "zu warm/zu trocken" (WT), "zu kalt/zu trocken" (KT) und "zu kalt/zu feucht" (KF) - zugeordnet wurden, zu ersehen ist, dominierte in den letzten 2 Fünfjahresperioden sowohl von Mai bis September, als auch von Juni bis August der Typ WT, bis auf eine Ausnahme begleitet vom Typ WF. In den drei Fünfjahresperioden von 1968 bis 1982 dominierten dagegen die Typen KT bzw. KF und nur von 1963 bis 1967 überwog ebenfalls wie in den letzten zehn Jahren der Typ WT, allerdings begleitet vom Typ KF.

Wenn man für den Gleingraben eine vergleichbare Verschiebung annimmt, so könnte das Auftreten der Schadbilder ab 1985 mit dem häufigeren Auftreten des Witterungstyps WT (bzw. WF) gegenüber den Vorperioden von Mai bis September bzw. von Juni bis August in Zusammenhang stehen. Neben der Häufigkeit des Witterungstyps WT innerhalb einer Fünfjahresperiode ist dabei auch noch seine häufigere Aufeinanderfolge und die damit verbundene verringerte "Erholungsmöglichkeit" ins Kalkül zu ziehen (siehe Tabelle 46).

Während von Juni bis August von 1963 bis 1981 höchstens in zwei aufeinanderfolgenden Jahren der Typ WT oder WF auftrat, war ab 1981 zweimal in drei aufeinanderfolgenden Jahren der Typ WT festzustellen, wobei nach der zweiten Dreijahresfolge in den nächsten vier Jahren nur die Witterungstypen WF und WT bestanden. Seit 1981 waren die Monate Juni bis August in elf von 12 Jahren zu warm; das gleiche trifft auch für die Monate Mai bis September ab 1981 zu. Wie ferner aus Tabelle 46 zu ersehen ist, waren in den letzten 12 Jahren die Niederschläge von Juni bis August in 9 Jahren zu gering. So wie bei der Temperatur kam es auch beim Niederschlag in den letzten 12 Jahren in mehreren (4 bzw. 3) aufeinanderfolgenden Jahren zu Unterschreitungen des langjährigen Mittels von Juni bis August: 1981 bis 1984 und 1986 bis 1988; von 1963 bis 1980 waren dagegen höchstens in zwei aufeinanderfolgenden Jahren von Juni bis August zu geringe Niederschläge festzustellen gewesen.

Die in der Literatur enthaltenen Angaben über den Einfluß von Witterungsextremen auf die Nährelementversorgung der Nadeln dokumentieren sich nur in einzelnen Jahren bei den Ergebnissen des "Kontrollnetzes 86". Im "WT-Jahr" 1987 wiesen Stickstoff und Calcium die geringsten Mittelwerte auf und auch die anderen Elemente wiesen nur

höchsten Mittelwert. Die höchsten Mittelwerte bestanden bei N, P, K und Mg im Jahr 1988, das ebenfalls als "WT-Jahr" einzustufen ist; die Niederschlagsdefizite lagen in diesem Jahr gegenüber 1987 oder 1992 vor allem von Mai bis September aber nur minimal unter dem Normalwert. Ein ähnliches Bild ergibt sich auch, wenn man die Häufigkeit der Minima und Maxima der Nährelementgehalte der Einzelbäume zwischen 1986 und 1992 für den Vergleich mit den Witterungsdaten heranzieht.

Im Jahr 1988 kam es bei Stickstoff, Phosphor, Kalium und Magnesium am häufigsten zu Maximalwerten, was bei Calcium 1992 der Fall war. Die Minima waren bei Phosphor und Calcium im Jahre 1987, bei Stickstoff und Magnesium 1989 und bei Kalium 1991 am häufigsten.

Bei einer Beurteilung der Unterschiede der Nährelementgehalte in den einzelnen Untersuchungs Jahren darf aber nicht außer acht gelassen werden, daß es zumindest in Zeltweg gegenüber dem langjährigen Mittel von Mai bis September bzw. Juni bis August in allen sieben Jahren "zu warm" und in fünf der sieben Jahre zu trocken war. Die bisher in der Literatur beschriebenen witterungsbedingten Veränderungen behandeln nur Extreme von Einzeljahren, aber keine längerfristigen "Auslenkungen" ohne zwischenzeitliche Erholungen in "besseren Jahren"; neben phytopatologisch bedingten Problemen bei der Nährelementaufnahme (TOMICZEK 1991) könnte durch andauernde ungünstige Witterungsbedingungen über die negative Beeinflussung der Nährelementversorgung und damit der physiologischen Aktivität der Nadeln auch eine Beeinflussung des Wurzelwachstums und dadurch eine weitere Reduzierung der Nährelementversorgung verursacht werden.

4. Zusammenfassung

Gegenüber den ersten Untersuchungs Jahren kam es nach den Ergebnissen der chemischen Nadelanalysen von 1990 bis 1992

- zu keinen wesentlichen Änderungen der SO₂-Immissionseinwirkungen; sowohl 1991 als auch 1992 kam es an rund 16 Prozent der Kontrollnetzpunkte zu Grenzwertüberschreitungen;
- weiterhin bei den unbehandelten Bäumen des Kontrollnetzes in erster Linie zu einer mangelhaften bzw. nicht ausreichenden Stickstoff-Versorgung, sowie einer mangelhaften bzw. nicht ausreichenden Kaliumversorgung. Im Mittel der Jahre 1990 bis 1992 wiesen von den Kontrollbäumen rund 65 Prozent eine mangelhafte Stickstoffversorgung und rund 21 Prozent eine mangelhafte Kaliumversorgung auf. Der Anteil der unbehandelten Bäume mit einer Unterversorgung (Mangel + nicht ausreichend) lag im Mittel der drei Jahre hinsichtlich Stickstoff bei rund 96 Prozent, hinsichtlich Kalium bzw. Calcium bei rund 58 Prozent und hinsichtlich Magnesium bei rund 53 Prozent. Im Verlauf der Jahre 1990 bis 1992 nahm die Zahl der Bäume

suchungsjahren bestehen und dürfte z.T. mit den wurzelpathologischen Befunden zu erklären sein (TOMICZEK 1990);

- auf den beiden "Düngungsflächen 1989" (in den Forstverwaltungen Hatschek bzw. Liechtenstein/Waldstein; Bodendüngung mit BASF-Spezialdünger) vor allem zu einer bis 1992 anhaltenden Anhebung der Kalium-Nadelgehalte der gedüngten Bäume gegenüber der Kontrolle; gegenüber der Kontrolle kam es durch die Düngung auch bei beiden Versuchsflächen zu einer Anhebung der Stickstoffgehalte. Bei den Calcium- bzw. Magnesiumgehalten kam es nur auf der Versuchsfläche Liechtenstein/Waldstein bei den gedüngten Bäumen zu einer Anhebung, während bei Phosphor nur auf der Versuchsfläche Hatschek bis 1992 eine Steigerung zu verzeichnen war.

Nach den Temperatur- und Niederschlagsdaten der Station Zeltweg im Aichfeld kam es ab 1981 in den Monaten April bis September, Mai bis September bzw. Juni bis August fast ausschließlich zu Überschreitungen der langjährigen Temperaturmittel und in zwei Drittel bzw. drei Viertel der Jahre in den Monaten Mai bis September bzw. Juni bis August zu Unterschreitungen der langjährigen Niederschlagsmittel. Bei Annahme ähnlicher "Abweichungen" im "benachbarten Gleinalm-Gebiet" und damit vorhandenen negativen Auswirkungen vor allem auf die Stickstoffversorgung wäre zumindest für den Beginn der Schädigungen eine erhebliche Beteiligung der Witterung anzunehmen.

5. Literatur

- BERGMANN, W. 1983: *Ernährungsstörungen bei Kulturpflanzen*. Gustav Fischer Verl., Stuttgart. 614S.
- BOSCH, CHR., E. PFANNKUCH, U. BAUM U. K.E. REHFUESS 1983: *Über die Erkrankung der Fichte (Picea abies [L.]KARST.) in den Hochlagen des Bayerischen Waldes*. Forstw. Cbl. 102, 167-181.
- DONAUBAUER, E. 1989: *Das Walderkrankungssyndrom im Gleinalmgebiet*. Mitt. der Forstl. Bundesversuchsanstalt Wien, 163/1, 5-9.
- GUSSONE, H.A. 1964: *Faustzahlen für Düngung im Walde*. BLV-Bayerischer Landwirtschaftsverl., München-Basel-Wien. 98S.
- HEINSDORF, D. 1966: *Über den Ernährungszustand von Kiefernkulturen auf Sandböden in den Jahren mit unterschiedlichen Niederschlägen (1961-1963)*. Arch.Forstwes. 15, 7454-773.
- HEINSDORF, D. 1973: *Der Einfluß der Jahreswitterung auf den Nährstoffgehalt der Nadeln und das Wachstum ungedüngter Kiefernjungwüchse*. Beitr. f.d. Forstwirtschaft 2, 75-83.
- HÖHNE, H. 1968: *Die methodischen Grundlagen der Nadelanalyse unter besonderer Berücksichtigung von Picea abies (L.)Karst. und Pinus silvestris L., Habil.-Schr.* TU Dresden (Tharandt), Zit. nach Fiedler, Nebe, Hoffmann (1973): *Forstliche Pflanzennahrung und Düngung*. Gustav Fischer Verl., Stuttgart. 481S.
- HUNGER, W. 1970: *Über den Ernährungszustand älterer Fichtenbestände auf Pseudogley-Standorten in Jahren mit stark unterschiedlichen Niederschlagsverhältnissen*. Arch. Forstwes. 19, 937-961.
- HÜTTL, R.F. 1985: *"Neuartige" Waldschäden und Nährelementversorgung von Fichtenbeständen (Picea abies [L.]KARST.) in Südwestdeutschland*. Freiburger Bodenkundl. Abh. 16, 195S.
- HÜTTL, R.F. 1987: *"Neuartige" Waldschäden, Ernährungsstörungen und Düngung*. AFZ 12, 289-299.
- KLEIN, G. 1989: *Methoden zur Bestimmung des Stickstoff- und Kaliumgehalts bei Kiefern im Aichfeld (Steiermark)*

- KILIAN, W. 1989: *Diagnostische Düngungsversuche im Gleinalmgebiet*. Mitt. der Forstl. Bundesversuchsanstalt Wien, 163/II, 341-356.
- MAJER, CHR. 1989a: *Zu Klima, Geologie und Waldgeschichte des Waldschadensgebietes Gleinalm*. Mitt. der Forstl. Bundesversuchsanstalt Wien, 163/I, 11-24.
- MAJER, CHR. 1989b: *Hinweise auf anthropogene Einwirkungen auf den Boden*. Mitt. der Forstl. Bundesversuchsanstalt Wien, 163/I, 25-31.
- MAJER, CHR., W. KILIAN u. F. MUTSCH 1989: *Die Böden im Gleinalmgebiet*. Mitt. der Forstl. Bundesversuchsanstalt Wien, 163/I, 33-127.
- REEMTSMA, J.B. 1986: *Der Magnesium-Gehalt von Nadeln niedersächsischer Fichtenbestände und seine Beurteilung*. Allg. Forst- u. Jagdztg. 157, 10, 196-200.
- REHFUESS, K.E. 1983: *Walderkrankungen und Immissionen - eine Zwischenbilanz*. AFZ 38, 601-610.
- SCHMIDT, M. 1985: *Die trockenen und warmen Sommer 1976, 1982 und 1983 in Deutschland-Streßfaktoren für den Wald*. VDI Berichte 560 (Waldschäden), 527-544.
- STEFAN, K. 1989: *Ergebnisse chemischer Nadelanalysen im Untersuchungsgebiet Glein*. Mitt. der Forstl. Bundesversuchsanstalt Wien, 163/II, 289-339.
- STEFAN, K. 1991: *Zur Nährelementversorgung der Fichtennadeln von gedüngten und ungedüngten Bäumen im Gleinalmgebiet*. Mitt. der Forstl. Bundesversuchsanstalt Wien, 163/IV, 65-140.
- TOMICZEK, CHR. 1990: *Forstpathologische Erhebungen im Gebiet der Glein*. Mitt. der Forstl. Bundesversuchsanstalt Wien, 163/III, 39-97.
- WEHRMANN, J. 1961: *Die Auswirkung der Trockenheit von 1959 auf die Nährelementversorgung bayerischer Kiefernbestände*. Forstwiss.Cbl. 80, 272-287.
- ZECH, W. u. E. POPP 1983: *Magnesiummangel einer der Gründe für das Fichten- und Tannensterben in NO-Bayern*. Forstwiss. Cbl. 102, 50-55.
- ZÖTTL, H.W. 1987: *Stoffumsätze in Ökosystemen des Schwarzwaldes*. Forstw. Cbl. 106, 105-114.
- ZÖTTL, H.W. u. E. MIES 1983: *Die Fichtenerkrankung in den Hochlagen des Südschwarzwaldes*. Allg. Forst- u. Jagdztg. 154, 110-114.
- ZÖTTL, H.W. u. R.F. HÜTTL 1985: *Schadsymptome und Ernährungszustand von Fichtenbeständen im südwestdeutschen Alpenvorland*. AFZ 40, 197-199.

Autor: Dipl.Ing. Dr. Klaus Stefan
Forstliche Bundesversuchsanstalt
Institut für Immissionsforschung und Forstchemie
Seckendorff-Gudent Weg 8
A-1131 Wien

6. Anhang

GLEIN-KONTROLLNETZ (FV Hatschek)					
Baum-Nr.	Alter	Seehöhe	Abteilung	Düngungspartzele	Düngung
1	150	1.580	6 m		
2	130	1.600	6 s		
3	130	1.450	6 k	6	Wuxal 86/87
4	130	1.530	5 s		
5	130	1.600	5 s		
6	100	1.600	4 d		
7	100	1.500	4 c		
8	100	1.360	4 b	7	Wuxal 86
9	100	1.300	4 b		
10	120	1.300	8 f	6	Wuxal 86/87
11	130	1.450	7 o	6	Wuxal 86/87
12	150	1.500	7 o		
13	150	1.600	7 h		
14	30	1.200	15 m		
15	30	1.200	25 m	3 b	Harnstoff 86
16	80	1.260	10 m	3 a	Harnstoff + Wuxal 86/87
17	100	1.200	12 a		
18	150	1.460	1 k	5	Wuxal 86
19	100	1.580	1 x		
20	150	1.630	H 1 Pl.		
21	110	1.260	9 l		
22	120	1.380	9 m		
23	100	1.500	9 m		
24	110	1.380	15 f		
25	100	1.320	13 c		
26	100	1.180	14 a		
27	130	1.150	11 a	3	Wuxal nur 1986
28	100	1.200	9 n		
29	120	1.400	8 m		
30	120	1.560	8 k		
31	100	1.030	2 n	1	Wuxal 86
32	100	1.170	2 a		
33	100	1.250	3 u		
34	100	1.400	4 s		
35	100	1.430	4 n		
36	130	1.140	11 j	3	Wuxal 86/87
37	80	1.050	Fötscheralm	2	Wuxal 86/87
38	110	1.320	12 b	4	Wuxal 86/87
39	80	1.500	12 l	4	Wuxal 86/87
40	40	1.150	10 a	8	Nitramoncal 86
41	100	1.150	10 g		
42	90	1.290	11 b		
43	100	1.350	10 h		
44	120	1.380	10 g		
45	120	1.330	11 m	9 b	BASF Blattdünger 87

Tabelle 1: Beurteilungswerte der Nährelementversorgung (Nadeljahrgang 1)

Nährstoffversorgung	% N	% P	% K	% Ca	% Mg
(1) mangelhaft	≤1,30	≤0,11	≤0,33	≤0,10	≤0,07
(2) nicht ausreichend	1,31	0,12	0,34	0,11	0,08
(3) ausreichend	>1,50	>0,13	>0,42	>0,36	>0,11

Tabelle 2:
Grenzen für die Klassifizierung der Schwefelgehalte der Nadeljahrgänge 1 und 2

Klasse	% S im Nadeljahrgang	
	1	2
1	<0,081	<0,101
2	0,081 - 0,110*	0,101 - 0,140*
3	0,111 - 0,150	0,141 - 0,190
4	>0,150	>0,190

* Grenzwerte der zweiten Verordnung gegen forstschädliche Luftverunreinigungen

Tabelle 3:
Grenzen für die Schwefel-Gesamtklassifikation an Hand der Klassensummen der Nadeljahrgänge 1 und 2

Gesamtklassifikation	Summe der Klassenwerte der NJ 1 + 2
1	2
2	3 und 4
3	5 und 6
4	7 und 8

Tabelle 4:
Glein - KONTROLLNETZ ("Netz 85")
Bereiche und Mittelwerte der Schwefelgehalte der von 1985 bis 1992 bearbeiteten Probestämme (n=20) im Nadeljahrgang 1 und Häufigkeitsverteilung der Schwefelwerte des Nadeljahrganges 1 nach Klassen

	% S		Klasse (NJ 1)			
	Nadeljahrgang 1		1	2	3	4
1985	0,08 - 0,12	0,099	1	18	1	-
1986	0,07 - 0,12	0,098	4	12	4	-
1987	0,08 - 0,14	0,096	5	13	2	-
1988	0,09 - 0,14	0,108	-	16	4	-
1989	0,08 - 0,14	0,102	1	18	1	-
1990	0,07 - 0,11	0,090	6	14	-	-
1991	0,09 - 0,13	0,103	-	17	3	-
1992	0,08 - 0,13	0,102	2	15	3	-

Tabelle 5:
Glein - KONTROLLNETZ ("Netz 86")
Bereiche und Mittelwerte der Schwefelgehalte im Nadeljahrgang 1 und 2 der von 1986 bis 1992 bearbeiteten Probestämme (n = 30)

	Nadeljahrgang 1		Nadeljahrgang 2	
1986	0,07 - 0,12	0,099	0,06 - 0,14	0,099
1987	0,08 - 0,15	0,099	0,07 - 0,15	0,102
1988	0,08 - 0,17	0,109	0,08 - 0,18	0,113
1989	0,08 - 0,14	0,103	0,09 - 0,14	0,112

Tabelle 6:
Glein - KONTROLLNETZ ("Netz 86")
Häufigkeitsverteilungen der Schwefelgehalte nach Klassen (Gesamtklassifikation NJ 1+2) der von 1986 bis 1992 bearbeiteten Probestämme (n = 30)

	Gesamtklassifikation			
	1	2	3	4
1986	4	21	5	-
1987	7	19	4	-
1988	1	24	4	1
1989	1	26	3	-

Tabelle 7:
Glein - KONTROLLNETZ ("Netz 85")
 Bereiche und Mittelwerte der Nährelementgehalte der von 1985 bis 1992 bearbeiteten ungedüngten Probestämme im Nadeljahrgang 1 (n=14)

Jahr	% N	% P	% K	% Ca	% Mg
1985	0,98-1,48 1,286	0,13-0,22 0,171	0,23-0,78 0,386	0,20-0,56 0,363	0,08-0,28 0,127
1986	1,10-1,52 1,320	0,13-0,23 0,176	0,32-0,80 0,451	0,20-0,48 0,319	0,08-0,22 0,133
1987	1,01-1,49 1,205	0,12-0,20 0,161	0,28-0,67 0,424	0,14-0,37 0,217	0,07-0,17 0,116
1988	0,99-1,63 1,314	0,13-0,23 0,188	0,24-0,78 0,482	0,25-0,59 0,336	0,09-0,19 0,132
1989	1,07-1,44 1,234	0,14-0,22 0,172	0,32-0,78 0,471	0,21-0,48 0,321	0,08-0,19 0,117
1990	1,11-1,46 1,249	0,13-0,21 0,169	0,32-0,73 0,450	0,22-0,63 0,362	0,07-0,23 0,132
1991	1,09-1,47 1,295	0,13-0,22 0,166	0,25-0,68 0,402	0,22-0,45 0,331	0,08-0,24 0,125
1992	1,06-1,58 1,264	0,16-0,22 0,189	0,30-0,91 0,448	0,23-0,60 0,367	0,09-0,19 0,128

Tabelle 8:
Glein - KONTROLLNETZ ("Netz 85")
 Häufigkeitsverteilung der Nährelementgehalte im Nadeljahrgang 1 nach den in Tabelle 1 angeführten Klassen der ungedüngten Probestämme (n=14) von 1985 bis 1992 (1: Mangel; 2: nicht ausreichend; 3: ausreichend)

Jahr	% N			% P			% K			% Ca			% Mg		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1985	8	6	-	-	2	12	3	9	2	-	8	6	-	9	5
1986	8	5	1	-	1	13	2	7	5	-	10	4	-	5	9
1987	11	3	-	-	4	10	3	6	5	-	13	1	1	8	5
1988	7	6	1	-	1	13	3	4	7	-	11	3	-	6	8
1989	11	3	-	-	-	14	2	6	6	-	11	3	-	8	6
1990	10	4	-	-	2	12	1	7	6	-	11	3	2	5	7
1991	8	6	-	-	2	12	6	4	4	-	9	5	-	8	6
1992	11	2	1	-	-	14	4	4	6	-	8	6	-	7	7

Tabelle 9:
Glein - KONTROLLNETZ ("Netz 86")
 Bereiche und Mittelwerte der Nährelementgehalte der von 1986 bis 1992 bearbeiteten ungedüngten Probebäume im Nadeljahrgang 1 (n = 19)

Jahr	% N	% P	% K	% Ca	% Mg
1986	1,10-1,52 1,330	0,13-0,23 0,180	0,32-0,90 0,496	0,20-0,52 0,333	0,08-0,22 0,129
1987	1,01-1,49 1,201	0,12-0,20 0,164	0,28-0,90 0,443	0,14-0,43 0,237	0,07-0,17 0,120
1988	0,99-1,63 1,334	0,13-0,22 0,191	0,24-0,92 0,533	0,25-0,59 0,352	0,09-0,19 0,130
1989	1,07-1,49 1,233	0,14-0,22 0,172	0,32-0,82 0,487	0,19-0,50 0,323	0,08-0,19 0,114
1990	0,98-1,46 1,228	0,12-0,21 0,163	0,32-0,91 0,483	0,22-0,63 0,362	0,07-0,23 0,127
1991	1,03-1,48 1,303	0,13-0,25 0,173	0,22-0,76 0,414	0,22-0,46 0,344	0,08-0,24 0,124
1992	0,88-1,60 1,256	0,15-0,22 0,187	0,30-0,98 0,474	0,23-0,64 0,395	0,09-0,19 0,128

Tabelle 10:
Glein - KONTROLLNETZ ("Netz 86")
 Häufigkeitsverteilung der Nährelementgehalte im Nadeljahrgang 1 nach den in Tabelle 1 angeführten Klassen der ungedüngten Probebäume (n=19) von 1986 bis 1992
 (1: Mangel; 2: nicht ausreichend; 3: ausreichend)

Jahr	% N			% P			% K			% Ca			% Mg		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1986	10	7	2	-	1	18	2	8	9	-	12	7	-	8	11
1987	14	5	-	-	4	15	5	6	8	-	17	2	1	9	9
1988	8	9	2	-	1	18	3	4	12	-	2	7	-	7	12
1989	14	5	-	-	-	19	2	7	10	-	14	5	-	12	7
1990	14	5	-	-	5	14	1	8	10	-	14	5	2	9	8
1991	9	10	-	-	2	17	7	6	6	-	11	8	-	10	9
1992	14	3	2	-	-	19	4	7	8	-	8	11	-	9	10

Tabelle 11: Glein - KONTROLLNETZ ("Netz 86")

Bereiche und Mittelwerte der Nährelementquotienten im Nadeljahrgang 1 der von 1986 bis 1992 bearbeiteten ungedüngten Probestämme (n=19)

	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992
N/P	5,95- 9,85 7,58	5,05-10,00 7,51	5,73- 8,53 7,04	5,55- 9,21 7,28	5,38-10,67 7,70	5,64-10,77 7,74	5,30- 8,32 6,74
N/K	1,40-4,75 2,98	1,47- 4,71 2,99	1,44- 6,79 2,90	1,56- 3,89 2,71	1,46- 4,29 2,76	1,82- 6,50 3,54	1,37- 4,32 2,97
N/Ca	2,29- 7,24 4,29	2,97-10,21 5,61	2,04- 6,27 4,01	2,22- 5,95 4,07	1,92- 5,36 3,62	2,63- 5,74 3,99	1,38- 6,22 3,47
N/Mg	5,73-18,25 10,97	6,50-20,43 10,54	5,82-15,89 10,83	6,26-14,88 11,32	4,83-17,29 10,77	5,33-18,38 11,52	5,50-17,56 10,55
K/Ca	0,75- 3,90 1,61	0,76- 2,90 1,96	0,80- 2,78 1,54	0,67- 2,26 1,58	0,52- 2,40 1,42	0,48- 2,11 1,25	0,55- 2,76 1,29
K/Mg	1,64- 9,00 4,08	1,65- 8,18 3,90	1,71- 7,67 4,22	2,53- 8,20 4,47	1,60- 9,10 4,30	1,57- 9,50 3,69	1,68- 8,91 3,93
Ca/Mg	1,42- 5,00 2,73	1,21- 3,91 2,03	1,71- 3,55 2,76	1,40- 4,36 2,94	1,48- 4,86 3,05	1,19- 5,38 3,00	1,74- 4,82 3,19

Tabelle 12:

Glein - KONTROLLNETZ ("Netz 86")

Häufigkeitsverteilung der Nährelementquotienten im Nadeljahrgang 1 der von 1986 bis 1992 bearbeiteten ungedüngten Probestämme

	86	87	88	89	90	91	92	
N/P	≤ 7,00	8	8	10	7	5	6	10
	7,01 - 10,00	11	11	9	12	13	12	9
	> 10,00	-	-	-	-	1	1	-
N/K	≤ 1,00	-	-	-	-	-	-	-
	1,01 - 3,00	9	11	12	11	13	7	8
	> 3,00	10	8	7	8	6	12	11
N/Ca	≤ 2,00	-	-	-	-	1	-	1
	2,01 - 7,00	18	15	19	19	18	19	18
	> 7,00	1	4	-	-	-	-	-
N/Mg	≤ 8,00	3	5	5	2	5	2	5
	8,01 - 14,00	14	10	11	13	11	14	11
	> 14,00	2	4	3	4	3	3	3
K/Ca	≤ 0,80	1	1	1	1	2	3	4
	0,81 - 2,40	15	12	17	18	17	16	14
	> 2,40	3	6	1	-	-	-	1
K/Mg	≤ 2,20	2	3	2	-	3	3	2
	2,21 - 6,40	15	15	16	17	14	15	16
	> 6,40	2	1	1	2	2	1	1

Tabelle 13:

Glein - KONTROLLNETZ ("Netz 86")

Bereiche und Mittelwerte der Nährelementgehalte der ungedüngten Probebäume (n=19) im Nadeljahrgang 1 in den Höhenstufen bis 1400m und über 1400m Seehöhe in den Jahren 1986 bis 1992

m SH (n)	Jahr	% N	% P	% K	% Ca	% Mg
≤ 1400m (11)	86	1,10-1,52 1,321	0,14-0,22 0,184	0,32-0,90 0,525	0,21-0,52 0,342	0,10-0,22 0,139
	87	1,01-1,49 1,181	0,12-0,20 0,170	0,28-0,90 0,445	0,16-0,43 0,259	0,10-0,17 0,134
	88	0,99-1,63 1,330	0,13-0,23 0,190	0,24-0,92 0,556	0,26-0,59 0,371	0,10-0,19 0,134
	89	1,10-1,49 1,236	0,14-0,20 0,168	0,32-0,82 0,485	0,19-0,50 0,324	0,09-0,19 0,122
	90	0,98-1,46 1,232	0,12-0,21 0,160	0,32-0,91 0,494	0,25-0,63 0,395	0,08-0,23 0,140
	91	1,03-1,48 1,275	0,13-0,25 0,177	0,22-0,76 0,414	0,19-0,46 0,358	0,08-0,24 0,135
	92	0,88-1,60 1,206	0,15-0,22 0,185	0,30-0,98 0,492	0,33-0,64 0,450	0,09-0,19 0,141
	> 1400m (8)	86	1,24-1,46 1,343	0,13-0,23 0,175	0,33-0,80 0,455	0,20-0,41 0,321
87		1,09-1,43 1,229	0,12-0,20 0,156	0,35-0,67 0,440	0,14-0,34 0,206	0,07-0,14 0,101
88		1,13-1,50 1,340	0,16-0,22 0,191	0,36-0,78 0,500	0,25-0,45 0,326	0,09-0,17 0,125
89		1,07-1,32 1,229	0,14-0,22 0,176	0,32-0,78 0,490	0,25-0,48 0,323	0,08-0,14 0,104
90		1,13-1,36 1,223	0,13-0,21 0,168	0,36-0,73 0,468	0,22-0,42 0,315	0,07-0,17 0,109
91		1,21-1,47 1,343	0,13-0,22 0,168	0,27-0,68 0,415	0,22-0,42 0,325	0,08-0,16 0,109
92		1,06-1,58 1,325	0,17-0,20 0,189	0,35-0,64 0,449	0,23-0,47 0,320	0,09-0,14 0,111

Tabelle 14:

Glein - KONTROLLNETZ ("Netz 86")

Häufigkeitsverteilung der Nährelementgehalte im Nadeljahrgang 1 der ungedüngten Probenbäume (n=19) nach den in Tabelle 1 angeführten Klassen (1: Mangel, 2: nicht ausreichend, 3: ausreichend) in den Höhenstufen bis 1400m und über 1400m in den Jahren 1986 bis 1992

m SH (n)	Jahr	% N			% P			% K			% Ca			% Mg		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
≤1400m (11)	86	6	3	2	-	-	11	1	4	6	-	7	4	-	4	7
	87	8	3	-	-	2	9	5	1	5	-	9	2	-	4	7
	88	5	4	2	-	1	10	3	-	8	-	6	5	-	3	8
	89	7	4	-	-	-	11	1	4	6	-	7	4	-	6	5
	90	8	3	-	-	4	7	1	4	6	-	7	4	-	6	5
	91	6	5	-	-	1	10	4	3	4	-	6	5	-	4	7
	92	9	1	1	-	-	11	4	3	4	-	2	9	-	4	7
> 1400m (8)	86	4	4	-	-	1	7	1	4	3	-	5	3	-	4	4
	87	6	2	-	-	2	6	-	5	3	-	8	-	1	5	2
	88	3	5	-	-	-	8	-	4	4	-	6	2	-	4	4
	89	7	1	-	-	-	8	1	3	4	-	7	1	-	6	2
	90	6	2	-	-	1	7	-	4	4	-	7	1	2	3	3
	91	3	5	-	-	1	7	3	3	2	-	5	3	-	6	2
	92	5	2	1	-	-	8	-	4	4	-	5	3	-	5	3

Tabelle 15:

Glein - KONTROLLNETZ ("Netz 86")

Häufigkeitsverteilung der "Mangeltypen" der ungedüngten Probenbäume (n=19) in den Höhenstufen bis 1400 Meter Seehöhe und darüber in den Jahren 1986 bis 1992 (Nadeljahrgang 1)

m SH (n)	Jahr	N	Mangeltyp			kein Mangel
			K	Mg	NK	
≤ 1400m (11)	1986	6	1	-	-	4
	1987	5	2	-	3	1
	1988	3	1	-	2	5
	1989	6	-	-	1	4
	1990	7	-	-	1	3
	1991	4	2	-	2	3
	1992	5	-	-	4	2
> 1400m (8)	1986	4	1	-	-	3
	1987	6	-	1	-	1
	1988	3	-	-	-	5
	1989	6	-	-	1	1
	1990	4	-	-	-	2
	1991	1	1	-	2	4
1992	5	-	-	-	3	

Tabelle 17: Glein - KONTROLLNETZ ("Netz 86")
 Bereiche und Mittelwerte der Nährelementgehalte der ungedüngten
 Probestämme (n=19) im Nadeljahrgang I in den Altersgruppen unter
 und über 100 Jahre von 1986 bis 1992

Alter (n)	Jahr	% N	% P	% K	% Ca	% Mg
≤ 100 (10)	86	1,26-1,52 1,345	0,15-0,22 0,189	0,32-0,90 0,543	0,21-0,52 0,337	0,10-0,22 0,139
	87	1,01-1,49 1,182	0,12-0,20 0,174	0,28-0,90 0,497	0,16-0,43 0,250	0,08-0,16 0,127
	88	0,99-1,63 1,324	0,13-0,23 0,190	0,24-0,92 0,597	0,26-0,51 0,354	0,10-0,17 0,131
	89	1,10-1,49 1,244	0,14-0,22 0,176	0,36-0,82 0,532	0,21-0,50 0,310	0,09-0,19 0,119
	90	0,98-1,46 1,218	0,12-0,21 0,167	0,34-0,91 0,537	0,22-0,47 0,340	0,07-0,23 0,124
	91	1,03-1,48 1,282	0,14-0,25 0,185	0,22-0,76 0,458	0,19-0,46 0,346	0,08-0,24 0,131
	92	0,88-1,60 1,208	0,15-0,22 0,189	0,30-0,98 0,537	0,23-0,64 0,399	0,09-0,19 0,129
> 100 (9)	86	1,10-1,46 1,313	0,13-0,23 0,170	0,33-0,82 0,443	0,20-0,48 0,329	0,08-0,16 0,119
	87	1,08-1,43 1,222	0,13-0,19 0,153	0,28-0,49 0,383	0,14-0,37 0,222	0,07-0,17 0,112
	88	1,13-1,55 1,346	0,16-0,21 0,191	0,32-0,64 0,461	0,25-0,59 0,350	0,09-0,19 0,129
	89	1,07-1,38 1,221	0,14-0,19 0,167	0,32-0,59 0,438	0,19-0,48 0,338	0,08-0,15 0,109
	90	1,14-1,36 1,239	0,13-0,18 0,159	0,32-0,56 0,422	0,22-0,63 0,386	0,07-0,20 0,130
	91	1,13-1,47 1,327	0,13-0,18 0,160	0,25-0,55 0,366	0,22-0,43 0,342	0,08-0,16 0,116
	92	1,15-1,58 1,310	0,16-0,20 0,184	0,33-0,49 0,403	0,25-0,60 0,391	0,09-0,19 0,128

Tabelle 18:

Glein - KONTROLLNETZ ("Netz 86")

Häufigkeitsverteilung der Nährelementgehalte im Nadeljahrgang 1 der ungedüngten Probestämme (n=19) nach den in Tabelle 1 angeführten Klassen in den Altersgruppen unter und über 100 Jahre von 1986 bis 1992

(1: Mangel; 2: nicht ausreichend; 3: ausreichend)

Alter (n)	Jahr	% N			% P			% K			% Ca			% Mg		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
≤ 100 (10)	86	5	3	2	-	-	10	1	3	6	-	7	3	-	4	6
	87	7	3	-	-	2	8	3	1	6	-	9	1	-	4	6
	88	4	5	1	-	1	9	2	1	7	-	5	5	-	4	6
	89	7	3	-	-	-	10	-	4	6	-	8	2	-	6	4
	90	7	3	-	-	3	7	-	4	6	-	8	2	1	6	3
	91	6	4	-	-	-	10	3	2	5	-	5	5	-	4	6
	92	7	2	1	-	-	10	2	3	5	-	5	5	-	5	5
> 100 (9)	86	5	4	-	-	1	8	1	5	3	-	5	4	-	4	5
	87	7	2	-	-	2	7	2	5	2	-	8	1	1	5	3
	88	4	4	1	-	-	9	1	3	5	-	7	2	-	3	6
	89	7	2	-	-	-	9	2	3	4	-	6	3	-	6	3
	90	7	2	-	-	2	7	1	4	4	-	6	3	1	3	5
	91	3	6	-	-	2	7	4	4	1	-	6	3	-	6	3
	92	7	1	1	-	-	9	2	4	3	-	3	6	-	4	5

Tabelle 19:

Glein - KONTROLLNETZ ("Netz 86")

Häufigkeitsverteilung der "Mangeltypen" der ungedüngten Probestämme (n = 19) in den Altersgruppen bis 100 und über 100 Jahre in den Jahren 1986 bis 1992 (NJ 1)

Alter (n)	Jahr	N	K	Mangeltyp			kein Mangel
				Mg	NK	NMg	
≤ 100 (10)	1986	5	1	-	-	-	4
	1987	6	2	-	1	-	1
	1988	3	1	-	1	-	5
	1989	7	-	-	-	-	3
	1990	6	-	-	-	1	3
	1991	5	2	-	1	-	2
	1992	5	-	-	2	-	3
> 100 (9)	1986	5	1	-	-	-	3
	1987	5	-	1	2	-	1
	1988	3	-	-	1	-	5
	1989	5	-	-	2	-	2

Tabelle 20:

Glein - KONTROLLNETZ ("Netz 86")

Häufigkeitsverteilung der Nährelementquotienten im Nadeljahrgang 1 der von 1986 bis 1992 bearbeiteten ungedüngten Probestämme (n=19) in den Altersgruppen unter und über 100 Jahre

		≤ 100 Jahre (n=10)						> 100 Jahre (n=9)							
		86	87	88	89	90	91	92	86	87	88	89	90	91	92
N/P	≤ 7,00	5	6	6	4	4	5	6	3	2	4	3	1	1	4
	7,01-10,00	5	4	4	6	5	5	4	6	7	5	6	8	7	5
	> 10,00	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	1	-
N/K	≤ 1,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	1,01-3,00	6	6	7	6	7	6	6	3	5	5	5	6	1	2
	> 3,00	4	4	3	4	3	4	4	6	4	4	4	3	8	7
N/Ca	≤ 2,00	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	1	-	-
	2,01-7,00	9	9	10	10	10	10	9	9	6	9	9	8	9	9
	> 7,00	1	1	-	-	-	-	-	-	3	-	-	-	-	-
N/Mg	≤ 8,00	2	4	3	2	2	2	3	1	1	2	-	3	-	2
	8,01-14,00	8	4	6	6	7	7	6	6	6	5	7	4	7	5
	> 14,00	-	2	1	2	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2
K/Ca	≤ 0,80	-	-	-	-	-	1	2	1	1	1	1	2	2	2
	0,81-2,40	8	79	10	10	9	7	7	5	8	8	7	7	7	-
	> 2,40	2	3	1	-	-	-	1	1	3	-	-	-	-	-
K/Mg	≤ 2,20	1	2	2	-	1	1	1	1	1	-	-	2	2	1
	2,21-6,40	8	7	6	9	7	8	8	7	8	9	8	7	7	8
	> 6,40	1	1	2	1	2	1	1	1	-	-	1	-	-	-
Ca/Mg	≤ 2,50	6	9	4	3	3	3	3	4	8	3	3	3	4	2
	2,51-5,00	4	1	6	7	7	6	7	5	1	6	6	6	4	7
	> 5,00	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	1	-

Tabelle 21:

Glein - KONTROLLNETZ ("Netz 86")

Bereiche und Mittelwerte der Verhältnisse der Nährelementgehalte im Nadeljahrgang 2 zu denen im Nadeljahrgang 1 (= 1,00) der ungedüngten Probestämme (n = 19) von 1986 bis 1992

Jahr	N2:N1	P2:P1	K2:K1	Ca2:Ca1	Mg2:Mg1
1986	0,74-1,04 0,853	0,58-1,07 0,765	0,50-1,36 0,832	0,63-2,38 1,585	0,70-1,14 0,910
1987	0,74-1,09 0,882	0,55-0,95 0,693	0,50-1,00 0,758	0,95-2,61 1,952	0,55-1,38 1,030
1988	0,65-1,04 0,905	0,65-1,18 0,812	0,57-1,09 0,808	0,96-1,97 1,337	0,50-1,25 0,948
1989	0,79-1,08 0,939	0,60-1,00 0,775	0,59-1,11 0,733	1,13-2,62 1,936	0,90-1,47 1,158
1990	0,75-1,07 0,937	0,61-1,00 0,823	0,56-1,03 0,812	1,15-2,21 1,680	0,57-1,38 1,042
1991	0,75-1,06	0,67-1,00	0,63-1,03	1,02-2,34	0,63-1,18

Tabelle 22:

Glein - KONTROLLNETZ ("Netz 86")

Mittelwerte der Verhältnisse der Nährelementgehalte im Nadeljahrgang 2 zu denen im Nadeljahrgang 1 (= 1,00) der ungedüngten Probestämme in den Seehöhen bis 1400m und darüber von 1986 bis 1992

m SH (n)	Jahr	N2:N1	P2:P1	K2:K1	Ca2:Ca1	Mg2:Mg1
≤ 1400m (11)	86	0,85	0,72	0,79	1,66	0,93
	87	0,90	0,69	0,80	1,78	0,95
	88	0,90	0,80	0,80	1,33	0,99
	89	0,91	0,77	0,74	1,98	1,19
	90	0,92	0,80	0,83	1,56	1,06
	91	0,91	0,81	0,85	1,68	0,99
	92	0,93	0,89	0,82	1,44	1,05
> 1400 (8)	86	0,86	0,82	0,90	1,49	0,89
	87	0,85	0,69	0,70	2,19	1,13
	88	0,91	0,82	0,82	1,34	0,90
	89	0,98	0,78	0,72	1,88	1,11
	90	0,96	0,83	0,79	1,85	1,02
	91	0,87	0,82	0,85	1,68	0,88
	92	0,89	0,80	0,83	1,71	0,90

Tabelle 23:

Glein - KONTROLLNETZ ("Netz 86")

Mittelwerte der Verhältnisse der Nährelementgehalte im Nadeljahrgang 2 zu denen im Nadeljahrgang 1 (=1,00) der ungedüngten Probestämme in den Altersgruppen unter und über 100 Jahre von 1986 bis 1992

Alter (n)	Jahr	N2:N1	P2:P1	K2:K1	Ca2:Ca1	Mg2:Mg1
≤ 100 (10)	86	0,84	0,73	0,79	1,55	0,87
	87	0,91	0,70	0,79	1,83	0,96
	88	0,90	0,84	0,85	1,31	0,91
	89	0,92	0,77	0,75	2,02	1,13
	90	0,94	0,80	0,80	1,64	1,02
	91	0,91	0,79	0,83	1,67	0,92
	92	0,93	0,88	0,80	1,51	1,01
> 100 (9)	86	0,86	0,81	0,88	1,63	0,96
	87	0,85	0,68	0,73	2,09	1,10
	88	0,91	0,78	0,77	1,37	0,99
	89	0,96	0,78	0,71	1,84	1,19
	90	0,94	0,83	0,82	1,72	1,07
	91	0,88	0,84	0,86	1,69	0,96
	92	0,89	0,82	0,84	1,60	0,97

Tabelle 24:

Glein - KONTROLLNETZ ("Netz 85")

Bereiche und Mittelwerte der Nährelementgehalte der 1986 mit WUXAL gedüngten Probenbäume (n=4) in den Jahren 1985 bis 1992 im Nadeljahrgang 1

Jahr	% N	% P	% K	% Ca	Mg
1985 (unged.)	1,22-1,61 1,375	0,14-0,24 0,195	0,48-0,74 0,620	0,39-0,60 0,465	0,09-0,25 0,163
1986	1,22-1,51 1,403	0,16-0,24 0,205	0,49-0,77 0,648	0,35-0,36 0,358	0,11-0,18 0,153
1987	1,10-1,34 1,238	0,12-0,19 0,168	0,38-0,69 0,538	0,23-0,35 0,293	0,11-0,19 0,145
1988	1,21-1,43 1,325	0,17-0,22 0,195	0,39-0,81 0,670	0,33-0,44 0,405	0,13-0,22 0,168
1989	1,14-1,48 1,298	0,15-0,19 0,173	0,42-0,70 0,620	0,29-0,41 0,338	0,11-0,17 0,135
1990	1,18-1,37 1,303	0,15-0,20 0,175	0,41-0,81 0,605	0,36-0,43 0,393	0,12-0,19 0,153
1991	1,20-1,42 1,318	0,13-0,22 0,180	0,32-0,71 0,575	0,22-0,53 0,358	0,11-0,18 0,148
1992	1,04-1,27 1,168	0,15-0,20 0,183	0,41-0,67 0,570	0,44-0,47 0,460	0,10-0,17 0,133

Tabelle 25:

Glein - KONTROLLNETZ ("Netz 86")

Bereiche und Mittelwerte der Nährelementgehalte der 1986 und 1987 mit WUXAL gedüngten Probenbäume (n=3) in den Jahren 1986 bis 1992

Jahr	% N	% P	% K	% Ca	% Mg
1986	1,15-1,64 1,417	0,16-0,20 0,180	0,37-0,70 0,543	0,20-0,52 0,330	0,08-0,20 0,140
1987	1,14-1,35 1,220	0,16-0,16 0,160	0,48-0,64 0,537	0,17-0,36 0,240	0,09-0,18 0,123
1988	1,11-1,52 1,280	0,17-0,20 0,190	0,68-0,91 0,760	0,33-0,58 0,420	0,10-0,18 0,150
1989	1,03-1,48 1,217	0,15-0,17 0,157	0,52-0,64 0,587	0,26-0,39 0,347	0,08-0,15 0,123
1990	1,03-1,39 1,167	0,14-0,18 0,157	0,53-0,68 0,623	0,27-0,41 0,337	0,10-0,15 0,117
1991	1,16-1,29 1,220	0,13-0,17 0,150	0,51-0,58 0,545	0,31-0,55 0,430	0,10-0,17 0,130

Tabelle 26:

Glein - KONTROLLNETZ ("Netz 85")

Häufigkeitsverteilung der "Mangeltypen" bei den nur mit WUXAL gedüngten (Düngung 86 bzw. 86 und 87) und ungedüngten Probestämmen des "Netzes 85"

Mangeltyp	ungedüngt (n=14)							Düngung 86 (n=4)							Düngung 86 und 87 (n=2)									
	85	86	87	88	89	90	91	92	85	86	87	88	89	90	91	92	85	86	87	88	89	90	91	92
N	6	8	9	5	9	7	4	7	1	1	2	2	2	1	1	4	1	1	1	2	2	2	2	2
K	1	2	1	1	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mg	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
NK	2	-	2	2	2	1	4	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
NKMg	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
kein Mangel	5	4	1	6	3	4	4	3	3	3	2	2	2	3	2	-	1	1	1	-	-	-	-	-

Tabelle 27:

Glein - KONTROLLNETZ ("Netz 86")

Häufigkeitsverteilung der "Mangeltypen" bei den nur mit WUXAL gedüngten (Düngung 86 und 87) und ungedüngten Probestämmen des "Netzes 86"

Mangeltyp	ungedüngt (n=19)							Düngung 86 (n=4)							Düngung 86 und 87 (n=3)						
	86	87	88	89	90	91	92	86	87	88	89	90	91	92	86	87	88	89	90	91	92
N	10	11	6	12	11	5	10	1	2	2	2	1	1	4	1	2	2	2	2	3	3
K	2	2	1	-	-	3	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-
Mg	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
NK	-	3	2	2	1	4	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
NKMg	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
kein Mangel	7	2	10	5	5	7	5	3	2	2	2	3	2	-	2	1	1	1	1	-	-

Tabelle 28:

Glein - KONTROLLNETZ ("Netz 85")

Häufigkeitsverteilung der Nährelementgehalte im Nadeljahrgang 1 nach den in Tabelle 1 angeführten Klassen der 1986 mit WUXAL gedüngten Probestämme (n=4) von 1985 bis 1992 (1: Mangel; 2: nicht ausreichend; 3: ausreichend)

Jahr	% N			% P			% K			% Ca			% Mg		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1985	1	2	1	-	-	4	-	-	4	-	-	4	-	1	3
1986	1	2	1	-	-	4	-	-	4	-	4	-	-	1	3
1987	2	2	-	-	1	3	-	1	3	-	4	-	-	1	3
1988	2	2	-	-	-	4	-	1	3	-	1	3	-	-	4
1990	2	2	-	-	-	4	-	1	3	-	2	1	-	1	2

Tabelle 29:

Glein - KONTROLLNETZ ("Netz 86")

Häufigkeitsverteilung der Nährelementgehalte im Nadeljahrgang 1 nach den in Tabelle 1 angeführten Klassen der 1986 und 1987 mit WUXAL gedüngten Probebäume (n=3) von 1986 bis 1992

(1: Mangel; 2: nicht ausreichend; 3: ausreichend)

Jahr	% N			% P			% K			% Ca			% Mg		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1986	1	1	1	-	-	3	-	1	2	-	2	1	-	1	2
1987	2	1	-	-	-	3	-	-	3	-	3	-	-	2	1
1988	2	-	1	-	-	3	-	-	3	-	2	1	-	1	2
1989	2	1	-	-	-	3	-	-	3	-	1	2	-	1	2
1990	2	1	-	-	-	3	-	-	3	-	2	1	-	2	1
1991	3	-	-	-	1	2	-	-	3	-	1	2	-	1	2
1992	3	-	-	-	-	3	-	-	3	-	1	2	-	1	2

Tabelle 30:

Glein - KONTROLLNETZ ("Netz 86")

Häufigkeitsverteilung der Nährelementquotienten der 1986 bzw. 1986 und 1987 mit WUXAL gedüngten Probebäume in den Jahren 1986 bis 1992

		86	87	88	89	90	91	92
N/P	≤7,00	2	1	3	2	1	3	5
	7,01-10,00	5	6	4	5	6	4	2
	>10,00	-	-	-	-	-	-	-
N/K	≤ 1,00	-	-	-	-	-	-	-
	1,01- 3,00	5	6	6	6	6	6	6
	> 3,00	2	1	1	1	1	1	1
N/Ca	≤ 2,00	-	-	-	-	-	-	1
	2,01- 7,00	7	7	7	7	7	7	6
	> 7,00	-	-	-	-	-	-	-
N/Mg	≤8,00	-	1	3	-	3	3	4
	8,01-14,00	6	6	4	7	4	4	3
	>14,00	1	-	-	-	-	-	-
K/Ca	≤ 0,80	-	-	-	-	-	-	1
	0,81- 2,40	6	5	7	7	7	7	6
	> 2,40	1	2	-	-	-	-	-
K/Mg	≤ 2,20	-	-	1	-	-	-	-
	2,21- 6,40	7	7	5	6	6	7	6
	> 6,40	-	-	1	1	1	-	1

Tabelle 31:

Glein - "Düngungsfläche 1989"/ FV Hatschek

Bereiche und Mittelwerte der Nährelementgehalte im Nadeljahrgang 1 der gedüngten (Düngung 1989*) und ungedüngten Probestämme in den Jahren 1988 bis 1992

Jahr	Kontrolle	Düngung*	Jahr	Kontrolle	Düngung*		
% N	88	1,13 - 1,41 1,283	1,15 - 1,32 1,237	% Ca	88	0,24 - 0,32 0,273	0,33 - 0,39 0,360
	89	1,09 - 1,35 1,257	1,27 - 1,53 1,420		89	0,29 - 0,36 0,320	0,38 - 0,43 0,400
	90	1,21 - 1,33 1,270	1,34 - 1,46 1,400		90	0,19 - 0,63 0,350	0,29 - 0,45 0,343
	91	1,01 - 1,41 1,217	1,38 - 1,49 1,430		91	0,24 - 0,31 0,270	0,28 - 0,35 0,323
	92	1,19 - 1,37 1,307	1,27 - 1,52 1,387		92	0,23 - 0,53 0,383	0,28 - 0,69 0,440
% P	88	0,18 - 0,24 0,203	0,19 - 0,20 0,193	% Mg	88	0,08 - 0,12 0,100	0,09 - 0,15 0,117
	89	0,18 - 0,24 0,210	0,20 - 0,22 0,213		89	0,07 - 0,12 0,093	0,09 - 0,12 0,100
	90	0,17 - 0,25 0,197	0,21 - 0,22 0,213		90	0,05 - 0,12 0,080	0,09 - 0,11 0,103
	91	0,16 - 0,19 0,180	0,21 - 0,25 0,233		91	0,08 - 0,10 0,087	0,09 - 0,11 0,100
	92	0,19 - 0,25 0,213	0,19 - 0,21 0,203		92	0,08 - 0,15 0,107	0,11 - 0,15 0,130
% K	88	0,24 - 0,39 0,317	0,33 - 0,61 0,453				
	89	0,27 - 0,36 0,327	0,60 - 0,81 0,720				
	90	0,29 - 0,35 0,327	0,90 - 1,05 0,960				
	91	0,25 - 0,53 0,397	0,71 - 0,99 0,853				
	92	0,24 - 0,41 0,317	0,68 - 0,98 0,853				

Tabelle 32:

Glein - "Düngungsfläche 1989" / FV Hatschek

Häufigkeitsverteilung der Nährelementgehalte im Nadeljahrgang 1 nach den in Tabelle 1 angeführten Klassen der gedüngten (Düngung 1989*) und ungedüngten Probebäume in den Jahren 1988 bis 1992

(1: Mangel; 2: nicht ausreichend; 3: ausreichend)

Jahr	% N			% P			Düngung 89*			% Ca			% Mg		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1988	2	1	-	-	-	3	1	1	1	-	2	1	-	2	1
1989	1	1	1	-	-	3	-	-	3	-	-	3	-	2	1
1990	-	3	-	-	-	3	-	-	3	-	2	1	-	3	-
1991	-	3	-	-	-	3	-	-	3	-	3	-	-	3	-
1992	1	1	1	-	-	3	-	-	3	-	2	1	-	1	2

Jahr	% N			% P			Kontrolle			% Ca			% Mg		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1988	1	2	-	-	-	3	2	1	-	-	3	-	-	2	1
1989	1	2	-	-	-	3	1	2	-	-	3	-	1	1	1
1990	2	1	-	-	-	3	1	2	-	-	2	1	2	-	1
1991	2	1	-	-	-	3	1	1	1	-	3	-	-	3	-
1992	1	2	-	-	-	3	2	1	-	-	1	2	-	2	1

Tabelle 33:

Glein - "Düngungsfläche 1989" / FV Hatschek

Mittelwerte der Nährelementquotienten im Nadeljahrgang 1 der gedüngten (Düngung 1989*) und ungedüngten Probebäume in den Jahren 1988 bis 1992

	Düngung 1989*					Kontrolle				
	1988	1989	1990	1991	1992	1988	1989	1990	1991	1992
N/P	6,39	6,65	6,56	6,18	6,83	6,41	6,08	6,64	6,87	6,20
N/K	2,86	1,99	1,47	1,71	1,67	4,29	3,94	3,91	3,52	4,33
N/Ca	3,43	3,69	4,25	4,48	3,69	4,74	3,93	4,67	4,62	3,86
N/Mg	10,95	14,36	13,71	14,42	10,74	13,05	13,88	17,81	14,37	13,06
K/Ca	1,24	1,82	2,93	2,63	2,14	1,18	1,03	1,20	1,44	0,86
K/Mg	3,85	6,56	9,33	8,54	6,71	3,32	3,69	4,62	4,52	3,05
Ca/Mg	3,18	4,09	3,32	3,23	3,58	2,76	3,53	4,11	3,12	3,66

Tabelle 34:

Glein - "Düngungsfläche 1989" / FV Hatschek

Häufigkeitsverteilung der Nährelementquotienten im Nadeljahrgang 1 der gedüngten (Düngung 1989*) und ungedüngten Probestämme in den Jahren 1988 bis 1992

		Düngung 1989*					Kontrolle				
		1988	1989	1990	1991	1992	1988	1989	1990	1991	1992
N/P	≤ 7,00	3	3	3	2	1	2	2	1	2	2
	7,01-10,00	-	-	-	1	2	1	1	2	1	1
	> 10,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
N/K	≤ 1,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	1,01-3,00	2	3	3	3	3	1	-	-	2	-
	> 3,00	1	-	-	-	-	2	3	3	1	3
N/Ca	≤ 2,00	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-
	2,01-7,00	3	3	3	3	2	3	3	3	3	3
	> 7,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
N/Mg	≤ 8,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	8,01-14,00	3	1	2	2	3	1	1	1	1	1
	> 14,00	-	2	1	1	-	2	2	2	2	2
K/Ca	≤ 0,80	-	-	-	-	-	-	-	1	-	2
	0,81-2,40	3	3	1	-	1	3	3	2	3	1
	> 2,40	-	-	2	3	2	-	-	-	-	-
K/Mg	≤ 2,20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	2,21-6,40	3	1	-	-	2	3	3	2	3	3
	> 6,40	-	2	3	3	1	-	-	1	-	-
Ca/Mg	≤ 2,50	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-
	2,51-5,00	3	3	3	3	-	3	3	2	3	3
	> 5,00	-	-	-	-	1	-	-	1	-	-

Tabelle 35:

Glein - "Düngungsfläche 1989" / FV Hatschek

Mittelwerte der Verhältnisse der Nährelementgehalte im Nadeljahrgang 2 zu denen im Nadeljahrgang 1 (=1,00) der gedüngten (Düngung 1989*) und ungedüngten Probestämme in den Jahren 1988 bis 1992

	Düngung 1989*					Kontrolle				
	1988	1989	1990	1991	1992	1988	1989	1990	1991	1992
N2 : N1	0,95	0,98	1,01	0,99	1,01	0,88	0,96	0,99	1,08	0,96
P2 : P1	0,89	0,94	0,79	0,91	1,01	0,91	0,93	1,00	1,14	0,96
K2 : K1	0,79	0,88	0,77	0,85	0,83	0,74	0,71	0,78	0,81	0,88
Ca2 : Ca1	1,16	1,49	1,74	1,56	1,14	1,56	1,77	1,85	1,78	1,50
Mg2 : Mg1	0,79	0,96	0,75	0,86	0,83	0,95	1,23	1,09	1,13	1,01

Tabelle 36:

"Düngungsfläche 1989"/FV Liechtenstein/Waldstein

Bereiche und Mittelwerte der Nährelementgehalte im Nadeljahrgang 1 der gedüngten (Düngung 1989*) und ungedüngten Probebäume in den Jahren 1988 bis 1992

	Jahr	Kontrolle	Düngung*	Düngung Oberhang	Düngung Unterhang
% N	88	1,25 - 1,50 1,347	1,24 - 1,45 1,340	1,29 - 1,45 1,373	1,24 - 1,39 1,307
	89	1,25 - 1,40 1,303	1,36 - 1,70 1,543	1,36 - 1,53 1,443	1,56 - 1,70 1,643
	90	1,18 - 1,34 1,243	1,20 - 1,61 1,402	1,20 - 1,42 1,297	1,35 - 1,61 1,507
	91	1,21 - 1,28 1,250	1,27 - 1,45 1,367	1,27 - 1,43 1,330	1,35 - 1,45 1,403
	92	1,10 - 1,18 1,147	1,19 - 1,37 1,282	1,19 - 1,30 1,260	1,24 - 1,37 1,303
% P	88	0,15 - 0,20 0,167	0,11 - 0,21 0,172	0,11 - 0,21 0,170	0,14 - 0,21 0,173
	89	0,16 - 0,20 0,183	0,12 - 0,23 0,177	0,12 - 0,18 0,157	0,18 - 0,23 0,197
	90	0,15 - 0,20 0,167	0,12 - 0,23 0,170	0,12 - 0,20 0,167	0,14 - 0,23 0,173
	91	0,14 - 0,19 0,170	0,12 - 0,21 0,168	0,12 - 0,19 0,163	0,14 - 0,21 0,173
	92	0,15 - 0,19 0,170	0,15 - 0,19 0,170	0,15 - 0,18 0,167	0,16 - 0,19 0,173
% K	88	0,23 - 0,57 0,413	0,34 - 0,89 0,495	0,34 - 0,89 0,583	0,36 - 0,50 0,407
	89	0,25 - 0,51 0,357	0,55 - 0,93 0,707	0,55 - 0,93 0,703	0,67 - 0,76 0,710
	90	0,26 - 0,50 0,347	0,70 - 0,90 0,802	0,72 - 0,90 0,803	0,70 - 0,89 0,800
	91	0,22 - 0,50 0,343	0,61 - 0,93 0,715	0,64 - 0,82 0,710	0,61 - 0,93 0,720
	92	0,19 - 0,47 0,293	0,33 - 0,79 0,573	0,33 - 0,79 0,550	0,49 - 0,76 0,597
% Ca	88	0,47 - 0,52 0,497	0,27 - 0,67 0,467	0,46 - 0,67 0,560	0,27 - 0,45 0,373
	89	0,28 - 0,48 0,370	0,36 - 0,69 0,508	0,45 - 0,62 0,527	0,36 - 0,69 0,490
	90	0,23 - 0,33 0,290	0,34 - 0,58 0,473	0,50 - 0,58 0,540	0,34 - 0,48 0,407
	91	0,27 - 0,35 0,317	0,23 - 0,53 0,388	0,34 - 0,53 0,450	0,23 - 0,49 0,327
	92	0,20 - 0,54 0,423	0,40 - 0,84 0,573	0,55 - 0,84 0,683	0,40 - 0,55 0,463
% Mg	88	0,08 - 0,17 0,137	0,09 - 0,18 0,132	0,11 - 0,18 0,147	0,09 - 0,15 0,117
	89	0,07 - 0,12 0,097	0,09 - 0,14 0,117	0,09 - 0,14 0,120	0,10 - 0,13 0,113
	90	0,06 - 0,10 0,087	0,09 - 0,15 0,115	0,09 - 0,15 0,123	0,09 - 0,12 0,107
	91	0,08 - 0,11	0,09 - 0,16	0,09 - 0,16	0,09 - 0,12

Tabelle 37:

Glein - "Düngungsfläche 1989"/FV Liechtenstein-Waldstein

Häufigkeitsverteilung der Nährelementgehalte im Nadeljahrgang 1 nach den in Tabelle 1 angeführten Klassen der gedüngten (Düngung 1989*) und ungedüngten Probestämme in den Jahren 1988 bis 1992

(1: Mangel; 2: nicht ausreichend; 3: ausreichend)

	Jahr	% N			% P			% K			% Ca			% Mg		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Kontrolle	88	2	1	-	-	-	3	1	-	2	-	-	3	-	1	2
	89	2	1	-	-	-	3	2	-	1	-	2	1	1	1	1
	90	2	1	-	-	-	3	2	-	1	-	3	-	1	2	-
	91	3	-	-	-	-	3	2	-	1	-	3	-	-	3	-
	92	3	-	-	-	-	3	2	-	1	-	1	2	1	-	2
Düngung* (Gesamt)	88	3	3	-	1	-	5	-	3	3	-	1	5	-	3	3
	89*	-	2	4	-	1	5	-	-	6	-	1	5	-	3	3
	90	2	2	2	-	1	5	-	-	6	-	1	5	-	3	3
	91	2	4	-	-	1	5	-	-	6	-	3	3	-	3	3
	92	5	1	-	-	-	6	1	-	5	-	-	6	-	4	2
Düngung* (Oberhang)	88	1	2	-	1	-	2	-	1	2	-	-	3	-	1	2
	89*	-	2	1	-	1	2	-	-	3	-	-	3	-	1	2
	90	2	1	-	-	1	2	-	-	3	-	-	3	-	1	2
	91	2	1	-	-	1	2	-	-	3	-	1	2	-	1	2
	92	3	-	-	-	-	3	1	-	2	-	-	3	-	2	1
Düngung* (Unterhang)	88	2	1	-	-	-	3	-	2	1	-	1	2	-	2	1
	89*	-	-	3	-	-	3	-	-	3	-	1	2	-	2	1
	90	-	1	2	-	-	3	-	-	3	-	1	2	-	2	1
	91	-	3	-	-	-	3	-	-	3	-	2	1	-	2	1
	92	2	1	-	-	-	3	-	-	3	-	-	3	-	2	1

Tabelle 38:

Glein - "Düngungsfläche 1989"/FV Liechtenstein-Waldstein

Mittelwerte der Nährelementquotienten im Nadeljahrgang 1 der gedüngten (Düngung 1989*) und ungedüngten Probestämme in den Jahren 1988 bis 1992

	Düngung 1989*					Kontrolle				
	1988	1989	1990	1991	1992	1988	1989	1990	1991	1992
N/P	8,23	8,94	8,61	8,37	7,61	8,14	7,15	7,55	7,46	6,82
N/K	3,05	2,25	1,77	1,97	2,42	3,87	4,03	3,92	4,09	4,52
N/Ca	3,09	3,20	3,08	3,92	2,38	2,72	3,70	4,36	4,01	3,36
N/Mg	10,75	13,52	12,64	12,51	11,99	10,87	14,12	15,06	13,20	12,53

Tabelle 39:

Glein - "Düngungsfläche 1989"/FV Liechtenstein-Waldstein

Häufigkeitsverteilung der Nährelementquotienten im Nadeljahrgang 1 der gedüngten (Düngung 1989*) und ungedüngten Probestämme in den Jahren 1988 bis 1992

		Düngung 1989*					Kontrolle				
		1988	1989	1990	1991	1992	1988	1989	1990	1991	1992
N/P	≤ 7,00	2	-	2	2	1	-	2	1	2	2
	7,01-10,00	3	5	2	2	5	3	1	2	1	1
	> 10,00	1	1	2	2	-	-	-	-	-	-
N/K	≤ 1,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	1,01-3,00	3	6	6	6	5	2	1	1	1	1
	> 3,00	3	-	-	-	1	1	2	2	2	2
N/Ca	≤ 2,00	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-
	2,01-7,00	6	6	6	6	4	3	3	3	3	3
	> 7,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
N/Mg	≤ 8,00	1	-	-	-	-	1	-	-	-	-
	8,01-14,00	4	3	4	4	5	1	2	2	2	2
	> 14,00	1	3	2	2	1	1	1	1	1	1
K/Ca	≤ 0,80	3	-	-	-	2	1	1	1	1	1
	0,81-2,40	3	6	5	5	4	2	2	2	2	2
	> 2,40	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-
K/Mg	≤ 2,20	-	-	-	-	-	1	-	-	1	1
	2,21-6,40	5	3	2	3	4	2	3	3	2	2
	> 6,40	1	3	4	3	2	-	-	-	-	-
Ca/Mg	≤ 2,50	1	-	-	2	-	-	-	-	-	-
	2,51-5,00	5	4	4	2	4	2	3	3	3	3
	> 5,00	-	2	2	2	2	1	-	-	-	-

Tabelle 40:

Glein - "Düngungsfläche 1989"/FV Liechtenstein-Waldstein

Mittelwerte der Verhältnisse der Nährelementgehalte im Nadeljahrgang 2 zu denen im Nadeljahrgang 1 (=1,00) der gedüngten (Düngung 1989*) und ungedüngten Probebäume in den Jahren 1988 bis 1992

	Jahr	Kontrolle	Düngung 89*	Düngung 89* (Oberhang)	Düngung *89 (Unterhang)
N2 : N1	88	0,93	0,93	0,93	0,93
	89	0,96	0,93	0,96	0,90
	90	1,04	1,01	1,05	0,97
	91	0,97	1,01	1,02	0,99
	92	1,00	1,00	0,99	1,00
P2 : P1	88	0,95	0,77	0,82	0,71
	89	0,78	0,88	0,84	0,93
	90	0,79	0,85	0,83	0,87
	91	0,81	0,86	0,85	0,88
	92	0,90	0,96	0,94	0,98
K2 : K1	88	0,81	0,78	0,73	0,84
	89	0,75	0,83	0,78	0,89
	90	0,79	0,76	0,71	0,81
	91	0,97	0,78	0,74	0,82
	92	0,88	0,86	0,82	0,89
Ca2 : Ca1	88	0,93	1,19	0,89	1,50
	89	2,04	1,71	1,81	1,61
	90	2,05	1,84	1,91	1,76
	91	1,99	1,90	1,89	1,92
	92	1,63	1,31	1,36	1,27
Mg2 : Mg1	88	0,82	0,97	0,97	0,96
	89	1,13	1,05	1,07	1,03
	90	0,93	0,86	0,98	0,74
	91	0,99	0,91	0,99	0,84
	92	0,87	0,91	0,96	0,86

Tabelle 41:

Glein - "Düngungsflächen 1989"

Mittelwerte der Nährelementgehalte des Nadeljahrganges I in den Jahren 1989 bis 1992 in Prozent der Mittelwerte im Jahr 1988 (=100) der gedüngten (Düngung 1989*) und ungedüngten Probestämme der "Düngungsversuchsflächen 1989" (FV Hatschek und FV Liechtenstein-Waldstein)

Jahr	Hatschek		Liechtenstein-Waldstein				
	Kontrolle	Düngung 89*	Kontrolle	Düngung 89* Gesamt	Düngung 89* Oberhang	Düngung 89* Unterhang	
% N	89	98,0	114,8	96,7	115,1	105,1	125,7
	90	99,0	113,2	92,3	104,6	94,5	115,3
	91	94,9	115,6	92,8	102,0	96,9	107,3
	92	101,9	112,1	85,2	95,7	91,8	99,7
% P	89	103,4	110,4	109,6	102,9	92,4	113,9
	90	97,0	110,4	100,0	98,8	98,2	100,0
	91	88,7	120,7	101,8	97,7	95,9	100,0
	92	104,9	105,2	101,8	98,8	98,2	100,0
% K	89	103,2	158,9	86,4	142,8	120,6	174,4
	90	103,2	211,9	84,0	162,0	137,7	196,6
	91	125,2	188,3	83,1	144,4	121,8	176,9
	92	100,0	188,3	70,9	115,8	94,3	146,7
% Ca	89	117,2	111,1	74,4	108,8	94,1	131,4
	90	128,2	95,3	58,4	101,3	96,4	109,1
	91	98,9	89,7	63,8	83,1	80,4	87,7
	92	140,3	122,2	85,1	122,7	122,0	124,1
% Mg	89	93,0	85,5	70,8	88,6	81,6	96,6
	90	80,0	88,0	63,5	87,1	83,7	91,5
	91	87,0	85,5	70,8	85,6	83,7	88,0
	92	107,0	111,1	75,2	83,3	76,9	91,5

Tabelle 42:

Glein - "Düngungsflächen 1989"

Mittelwerte der Nährelementquotienten des Nadeljahrganges 1 in den Jahren 1989 bis 1992 in Prozent der Mittelwerte im Jahr 1988 (=100) der gedüngten (Düngung 1989*) und ungedüngten Probestämme der "Düngungsversuchsflächen 1989" (FV-Hatschek und FV Liechtenstein-Waldstein)

Jahr	Hatschek		Liechtenstein-Waldstein				
	Kontrolle	Düngung 89*	Kontrolle	Düngung 89* Gesamt	Düngung 89* Oberhang	Düngung 89* Unterhang	
N/P	89	94,9	104,1	87,8	108,6	109,1	108,2
	90	103,6	102,7	92,8	104,6	94,4	115,9
	91	107,2	96,7	91,6	101,7	97,7	106,3
	92	96,7	106,9	83,8	92,5	88,1	97,3
N/K	89	91,8	69,6	104,1	73,8	78,1	70,1
	90	91,1	51,4	101,3	58,0	58,4	57,7
	91	82,1	59,8	105,7	64,6	68,1	61,3
	92	100,9	58,4	116,8	79,3	91,8	68,9
N/Ca	89	82,9	107,6	136,0	103,6	111,1	98,4
	90	98,5	123,9	160,3	99,7	95,6	102,5
	91	97,5	130,6	147,4	126,9	121,0	130,6
	92	81,4	107,6	123,5	77,0	75,0	78,1
N/Mg	89	106,4	131,1	129,9	125,8	127,9	124,0
	90	136,5	125,2	138,5	117,6	112,9	121,4
	91	110,1	131,7	121,4	116,4	116,3	116,4
	92	100,1	98,1	115,3	111,5	122,5	102,5
K/Ca	89	87,3	146,8	115,7	134,9	128,6	139,8
	90	101,7	236,3	145,8	162,4	141,9	180,5
	91	122,0	212,1	130,1	191,7	155,2	225,2
	92	72,9	172,6	94,0	97,2	74,3	117,7
K/Mg	89	111,1	170,4	108,7	159,3	143,7	179,3
	90	139,2	242,3	119,2	182,2	157,5	213,6
	91	136,1	221,8	103,2	167,3	141,0	200,6
	92	91,9	174,3	86,3	142,5	123,8	166,3
Ca/Mg	89	127,9	128,6	92,7	123,3	115,0	132,6
	90	148,9	104,4	82,6	117,3	117,8	116,3
	91	113,0	101,6	79,7	97,5	97,2	97,9
	92	132,6	112,6	96,1	151,8	168,7	131,8

Tabelle 43:

Düngungsparzelle 10/FV Liechtenstein-Waldstein

Mittelwerte der Nährelementgehalte im Nadeljahrgang 1 der gedüngten (1987) und ungedüngten Probestämme mit unterschiedlich ausgeprägten Schadsymptomen

Jahr	grün		vergilbt		
	Kontrolle (2, 4)	Düngung 87 (1, 3)	Kontrolle (2V, 4V)	Düngung 87 (1V, 3V)	
% N	86	1,285	1,190	1,260	1,130
	87	1,235	1,245	1,510	1,030
	89	1,285	1,425	1,240	1,305
	90	1,290	1,410	1,405	1,330
	91	1,365	1,290	1,380	1,220
	92	1,465	1,430	1,445	1,360
% P	86	0,130	0,145	0,130	0,115
	87	0,125	0,135	0,275	0,140
	89	0,160	0,170	0,160	0,150
	90	0,135	0,165	0,150	0,150
	91	0,140	0,160	0,145	0,140
	92	0,175	0,190	0,155	0,175
% K	86	0,400	0,300	0,210	0,205
	87	0,380	0,290	0,340	0,260
	89	0,410	0,530	0,290	0,435
	90	0,380	0,510	0,300	0,465
	91	0,470	0,445	0,330	0,520
	92	0,480	0,475	0,460	0,590
% Ca	86	0,230	0,250	0,230	0,225
	87	0,265	0,300	0,255	0,175
	89	0,305	0,325	0,340	0,320
	90	0,270	0,315	0,370	0,415
	91	0,285	0,275	0,240	0,310
	92	0,285	0,345	0,365	0,345
% Mg	86	0,085	0,085	0,080	0,085
	87	0,090	0,090	0,090	0,070
	89	0,085	0,085	0,105	0,095
	90	0,080	0,085	0,100	0,110
	91	0,090	0,085	0,080	0,095
	92	0,090	0,105	0,090	0,105

Tabelle 44:

Zahl der Jahre mit Überschreitungen der langjährigen Unterschreitungen der langjährigen Niederschlagsmittel in den sechs Fünfjahresperioden von 1963 bis 1992 an der Station Zeltweg

Jahr	Temperatur >NZ (Zahl d. Jahre)				Niederschlag <NZ (Zahl d. Jahre)			
	I-XII	IV-IX	V-IX	VI-VIII	I-XII	IV-IX	V-IX	VI-VIII
63-67	2	4	4	3	2	3	3	3
68-72	1	2	1	2	2	2	2	-
73-77	0	2	0	1	1	0	0	1

Tabelle 45:

Zuordnung der Periodenmittelwerte der "Sommermonate" (IV bis IX, V bis IX, VI bis VIII) der Station Zeltweg in den einzelnen Jahren nach ihren Abweichungen von den langjährigen Mitteln von Temperatur und Niederschlag auf vier Witterungstypen von 1963 bis 1992

Jahr	IV-IX				V-IX				VI-VIII			
	WF	WT	KT	KF	WF	WT	KT	KF	WF	WT	KT	KF
63-67	1	3	-	1	-	3	-	2	-	3	-	2
68-72	1	1	1	2	-	1	1	3	2	-	-	3
73-77	1	-	3	1	1	1	3	-	-	1	3	1
78-82	1	1	1	2	-	2	1	2	-	2	-	3
83-87	1	3	1	-	1	3	1	-	1	3	1	-
88-92	2	2	1	-	2	3	-	-	2	3	-	-

Tabelle 46:

Witterungstypen in den Monaten April bis September, Mai bis September und Juni bis August in den einzelnen Jahren von 1963 bis 1992

Jahr	IV-IX				V-IX				VI-VIII			
	WF	WT	KT	KF	WF	WT	KT	KF	WF	WT	KT	KF
1963		X				X				X		
1964		X				X				X		
1965				X				X				X
1966	X							X				X
1967		X				X				X		
1968	X							X				X
1969		X				X						X
1970				X				X		X		
1971			X				X			X		
1972				X				X				X
1973				X	X					X		
1974			X				X				X	
1975	X				X							X
1976			X				X				X	
1977			X				X				X	
1978				X				X				X
1979				X				X				X
1980			X				X					X
1981		X				X				X		
1982	X				X					X		
1983		X				X				X		
1984			X				X				X	
1985	X				X				X			
1986		X				X				X		
1987		X				X				X		
1988		X				X				X		
1989	X				X				X			
1990			X		X				X			
1991	X				X				X			
1992		X				X				X		

GLEIN-KONTROLLNETZ - Nadeljahrgang 1

Baum	% S							
	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992
1	0,09	0,08	0,09	0,10	0,10	0,09	0,09	0,10
2	0,11	0,12	0,11	0,12	0,11	0,09	0,11	0,13
3	0,09	0,09	0,08	0,10	0,08	0,07	0,10	0,10
4	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,07	0,09	-
5	0,09	0,10	0,09	0,11	0,10	0,11	0,11	0,11
6	0,08	0,08	0,08	-	-	-	-	-
7	0,08	0,08	0,08	-	-	-	-	-
8	0,11	0,11	0,09	0,11	0,11	0,09	0,11	0,10
9	0,09	0,09	0,09	0,11	0,10	0,09	0,09	0,08
10	0,09	0,09	0,09	0,10	-	0,09	0,10	0,10
11	0,11	0,10	0,11	0,11	0,11	0,09	0,11	0,10
12	0,09	0,10	0,08	0,10	0,09	0,09	0,09	0,09
13	0,08	0,07	0,08	0,10	0,09	0,07	0,09	0,08
14	-	0,09	0,09	0,11	0,09	0,08	0,11	0,10
15	-	0,09	0,10	0,10	0,11	-	-	-
16	-	0,10	0,09	0,11	0,11	0,09	0,11	0,10
17	0,09	0,08	0,08	0,09	0,09	0,08	0,10	0,10
18	0,11	0,12	0,12	0,14	0,11	0,10	0,11	0,11
19	0,10	0,09	0,08	0,10	0,11	0,08	0,09	0,10
20	0,12	0,12	0,10	0,12	0,11	0,10	0,12	0,12
21	0,09	0,09	0,09	0,11	0,10	0,08	0,09	0,10
22	0,11	0,10	-	0,12	0,10	0,09	0,11	0,11
23*	0,10	0,10	0,08*	0,09*	0,08*	0,08*	0,09*	0,09*
24	0,10	0,08	0,09	0,09	-	0,07	0,10	0,08
25	0,08	0,08	-	0,10	-	0,07	0,08	0,08
26	0,09	0,07	-	0,10	0,08	0,07	0,08	0,09
27	0,11	0,12	0,14	0,14	0,14	0,11	0,13	0,13
28	0,10	0,09	0,10	-	-	-	-	-
29	0,09	0,08	0,09	0,11	0,09	0,09	0,10	0,10
30	0,10	0,09	0,10	-	-	-	-	-
31	0,11	0,11	0,11	0,10	0,10	0,10	0,12	0,10
32	0,10	0,11	0,11	0,10	0,11	0,10	0,10	0,10
33	0,07	0,08	0,10	-	-	-	-	-
34	0,10	0,09	0,09	0,09	0,10	0,09	0,11	0,10
35	0,09	0,09	0,09	0,10	0,09	0,07	0,09	0,09
36	-	0,11	0,08	0,11	0,12	0,10	0,10	0,10
37	-	0,09	0,09	0,10	-	0,11	0,11	0,11
38	-	0,12	0,10	0,10	-	0,12	0,13	0,14
39	-	0,10	0,08	0,09	0,08	0,08	0,09	-
40	-	0,08	0,08	0,09	0,11	0,07	0,09	0,10
41	-	0,09	0,10	0,08	0,09	0,08	0,10	0,10
42	-	0,10	0,10	0,13	0,11	0,09	0,10	0,10
43	-	0,10	0,11	0,11	0,11	0,09	0,11	0,11
44	-	0,12	0,15	0,17	0,12	0,11	0,13	0,14
45	-	0,11	0,14	0,11	0,11	0,11	0,12	0,13
46	-	0,10	0,10	0,10	0,09	0,08	0,10	0,09
47*	-	0,12	0,10	0,10*	0,10*	0,11*	0,09*	0,10*

GLEIN-KONTROLLNETZ - Nadeljahrgang 1

Baum	% N							
	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992
1	1,27	1,34	1,14	1,29	1,28	1,35	1,37	1,30
2	1,22	1,46	1,43	1,43	1,32	1,14	1,47	1,58
3	1,16	1,15	1,14	1,11	1,03	1,03	1,29	1,18
4	1,36	1,39	1,28	1,21	1,25	1,15	1,24	-
5	1,39	1,46	1,32	1,35	1,30	1,36	1,40	1,48
6	1,35	1,34	1,16	-	-	-	-	-
7	1,07	1,20	1,26	-	-	-	-	-
8	1,61	1,51	1,34	1,43	1,36	1,32	1,33	1,27
9	1,48	1,52	1,49	1,63	1,44	1,46	1,39	1,24
10	1,36	1,36	1,19	1,38	-	1,13	1,27	1,19
11	1,53	1,64	1,35	1,21	1,14	1,08	1,22	1,26
12	0,98	1,24	1,09	1,13	1,07	1,18	1,21	1,18
13	1,40	1,28	1,26	1,50	1,19	1,21	1,47	1,30
14	-	1,26	1,32	1,50	1,31	1,33	1,38	1,34
15	-	1,31	1,24	1,34	1,24	-	-	-
16	-	1,60	1,31	1,46	1,45	1,43	1,54	1,34
17	1,18	1,26	1,04	0,99	1,18	1,11	1,09	1,06
18	1,22	1,22	1,10	1,24	1,14	1,18	1,20	1,12
19	1,40	1,37	1,20	1,42	1,29	1,18	1,24	1,43
20	1,30	1,30	1,20	1,27	1,16	1,23	1,34	1,27
21	1,35	1,25	1,24	1,38	1,38	1,30	1,24	1,28
22	1,45	1,25	-	1,44	1,23	1,30	1,31	1,26
23*	1,38	1,37	1,09*	1,17*	1,11*	1,14*	1,06*	1,08*
24	1,56	1,24	1,26	1,24	-	1,27	1,36	1,04
25	1,20	1,16	-	1,10	-	1,16	1,12	1,08
26	1,29	1,18	-	1,40	1,13	1,12	1,07	0,99
27	1,35	1,46	1,31	1,42	1,48	1,34	1,32	1,24
28	1,30	1,31	1,29	-	-	-	-	-
29	1,22	1,10	1,08	1,21	1,16	1,21	1,13	1,15
30	1,18	1,15	1,14	-	-	-	-	-
31	1,32	1,42	1,20	1,21	1,21	1,37	1,42	1,04
32	1,39	1,30	1,18	1,21	1,19	1,41	1,28	1,28
33	1,11	1,21	1,42	-	-	-	-	-
34	1,21	1,31	1,01	1,26	1,10	1,22	1,26	1,08
35	1,22	1,29	1,19	1,33	1,22	1,13	1,24	1,06
36	-	1,46	1,17	1,52	1,48	1,39	1,16	1,04
37	-	1,24	1,14	1,34	-	1,44	1,29	1,01
38	-	1,56	1,24	1,14	-	1,43	1,29	1,15
39	-	1,42	1,27	1,50	1,26	1,32	1,27	-
40	-	1,52	1,36	1,38	1,32	1,10	1,18	1,21
41	-	1,34	1,06	1,04	1,11	0,98	1,03	1,11
42	-	1,28	1,01	1,45	1,11	1,08	1,43	0,88
43	-	1,52	1,32	1,41	1,49	1,28	1,48	1,60
44	-	1,39	1,24	1,55	1,13	1,17	1,31	1,25
45	-	1,47	1,26	1,39	1,42	1,44	1,35	1,25
46	-	1,37	1,33	1,34	1,11	1,09	1,14	1,01
47*	-	1,63	1,15	1,35*	1,23*	1,32*	1,29*	1,17*

GLEIN-KONTROLLNETZ - Nadeljahrgang 1

Baum	% P								
	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	
1	0,09	0,08	0,09	0,10	0,10	0,09	0,09	0,10	
2	0,17	0,15	0,16	0,17	0,19	0,16	0,17	0,19	
3	0,13	0,16	0,16	0,20	0,15	0,14	0,17	0,18	
4	0,21	0,19	0,16	0,20	0,17	0,20	0,20	-	
5	0,20	0,23	0,19	0,21	0,18	0,16	0,13	0,20	
6	0,16	0,17	0,13	-	-	-	-	-	
7	0,14	0,20	0,21	-	-	-	-	-	
8	0,24	0,23	0,18	0,19	0,18	0,17	0,19	0,20	
9	0,20	0,19	0,20	0,20	0,19	0,18	0,14	0,17	
10	0,19	0,18	0,14	0,20	-	0,15	0,17	0,20	
11	0,20	0,20	0,16	0,20	0,15	0,15	0,14	0,17	
12	0,13	0,20	0,15	0,19	0,18	0,18	0,16	0,19	
13	0,19	0,13	0,13	0,20	0,16	0,16	0,17	0,19	
14	-	0,21	0,20	0,23	0,18	0,19	0,16	0,19	
15	-	0,19	0,16	0,15	0,16	-	-	-	
16	-	0,21	0,19	0,22	0,22	0,26	0,22	0,19	
17	0,13	0,15	0,12	0,13	0,14	0,15	0,15	0,16	
18	0,14	0,16	0,12	0,17	0,15	0,15	0,13	0,15	
19	0,16	0,15	0,12	0,17	0,14	0,13	0,14	0,19	
20	0,16	0,15	0,14	0,16	0,15	0,16	0,17	0,17	
21	0,15	0,14	0,13	0,20	0,15	0,13	0,13	0,20	
22	0,18	0,16	-	0,23	0,14	0,17	0,19	0,22	
23*	0,20	0,17	0,15*	0,18*	0,17*	0,18*	0,14*	0,16*	
24	0,22	0,16	0,14	0,16	-	0,16	0,17	0,15	
25	0,15	0,13	-	0,16	-	0,13	0,10	0,16	
26	0,14	0,13	-	0,20	0,12	0,12	0,12	0,15	
27	0,19	0,19	0,18	0,20	0,17	0,18	0,18	0,18	
28	0,15	0,16	0,15	-	-	-	-	-	
29	0,14	0,18	0,17	0,17	0,16	0,17	0,17	0,18	
30	0,15	0,17	0,15	-	-	-	-	-	
31	0,21	0,24	0,19	0,22	0,19	0,20	0,22	0,20	
32	0,20	0,19	0,18	0,18	0,17	0,19	0,20	0,22	
33	0,17	0,19	0,20	-	-	-	-	-	
34	0,22	0,22	0,20	0,22	0,19	0,21	0,20	0,20	
35	0,19	0,20	0,20	0,22	0,22	0,21	0,22	0,20	
36	-	0,18	0,16	0,17	0,17	0,18	0,13	0,16	
37	-	0,18	0,15	0,22	0,20	0,18	0,20	-	
38	-	0,18	0,14	0,26	-	0,18	0,17	0,19	
39	-	0,21	0,17	0,23	0,19	0,20	0,22	-	
40	-	0,16	0,12	0,13	0,13	0,10	0,11	0,16	
41	-	0,21	0,19	0,17	0,18	0,16	0,18	0,20	
42	-	0,16	0,16	0,17	0,15	0,13	0,25	0,15	
43	-	0,21	0,17	0,21	0,20	0,12	0,21	0,21	
44	-	0,16	0,15	0,21	0,14	0,13	0,16	0,16	
45	-	0,21	0,20	0,22	0,20	0,16	0,21	0,19	
46	-	0,24	0,21	0,22	0,16	0,18	0,17	0,20	
47*	-	0,19	0,18	0,23*	0,15*	0,14*	0,15*	0,18*	

GLEIN-KONTROLLNETZ - Nadeljahrgang I

Baum	% K							
	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992
1	0,26	0,33	0,42	0,52	0,41	0,36	0,27	0,38
2	0,35	0,42	0,37	0,36	0,49	0,43	0,42	0,46
3	0,45	0,37	0,49	0,69	0,60	0,53	0,58	0,64
4	0,38	0,43	0,45	0,39	0,46	0,58	0,61	-
5	0,40	0,48	0,47	0,42	0,57	0,47	0,41	0,49
6	0,48	0,51	0,41	-	-	-	-	-
7	0,48	0,56	0,50	-	-	-	-	-
8	0,48	0,49	0,38	0,39	0,42	0,41	0,32	0,41
9	0,34	0,32	0,32	0,24	0,37	0,34	0,26	0,30
10	0,31	0,31	0,29	0,25	-	0,33	0,26	0,30
11	0,57	0,56	0,48	0,91	0,52	0,66	0,51	0,71
12	0,23	0,42	0,39	0,39	0,32	0,41	0,31	0,42
13	0,34	0,35	0,35	0,49	0,40	0,42	0,36	0,39
14	-	0,90	0,90	0,92	0,82	0,91	0,76	0,98
15	-	0,69	0,25	0,64	0,55	-	-	-
16	-	0,38	0,32	0,34	0,37	0,37	0,35	0,25
17	0,35	0,36	0,31	0,29	0,38	0,39	0,40	0,32
18	0,70	0,66	0,69	0,80	0,67	0,65	0,66	0,56
19	0,42	0,38	0,36	0,40	0,36	0,36	0,32	0,35
20	0,55	0,46	0,49	0,64	0,59	0,56	0,55	0,46
21	0,32	0,35	0,28	0,47	0,40	0,32	0,25	0,33
22	0,44	0,40	-	0,34	0,29	0,28	0,24	0,42
23*	0,22	0,30	0,37*	0,34*	0,38*	0,53*	0,43*	0,43*
24	0,40	0,55	0,41	0,50	-	0,48	0,42	0,42
25	0,51	0,67	-	0,85	-	0,55	0,50	0,60
26	0,51	0,71	-	0,76	0,54	0,56	0,49	0,58
27	0,74	0,67	0,61	0,68	0,70	0,81	0,71	0,67
28	0,37	0,41	0,41	-	-	-	-	-
29	0,36	0,36	0,37	0,32	0,32	0,37	0,32	0,33
30	0,51	0,61	0,56	-	-	-	-	-
31	0,56	0,77	0,47	0,81	0,69	0,55	0,61	0,64
32	0,78	0,65	0,61	0,75	0,60	0,59	0,54	0,91
33	0,79	0,72	0,42	-	-	-	-	-
34	0,34	0,63	0,52	0,68	0,60	0,55	0,54	0,49
35	0,37	0,80	0,67	0,78	0,78	0,73	0,68	0,64
36	-	0,70	0,64	0,68	0,64	0,68	0,52	0,44
37	-	0,29	0,29	0,36	-	0,34	0,35	0,31
38	-	0,66	0,59	0,92	-	0,65	0,70	0,82
39	-	0,30	0,30	0,32	0,25	0,29	0,26	-
40	-	0,49	0,60	0,70	0,58	0,66	0,54	0,68
41	-	0,55	0,52	0,72	0,51	0,60	0,51	0,64
42	-	0,48	0,48	0,70	0,42	0,54	0,22	0,37
43	-	0,36	0,28	0,49	0,48	0,36	0,35	0,37
44	-	0,82	0,31	0,54	0,44	0,46	0,40	0,37
45	-	0,49	0,57	0,76	0,62	0,69	0,68	0,67
46	-	0,66	0,75	0,66	0,55	0,63	0,60	0,57
47*	-	0,82	0,26	0,80*	0,30*	0,26*	0,32*	0,30*

GLEIN-KONTROLLNETZ - Nadeljahrgang I

Baum	% Ca								
	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	
1	0,31	0,29	0,17	0,29	0,29	0,35	0,33	0,25	
2	0,20	0,40	0,14	0,25	0,34	0,28	0,28	0,29	
3	0,29	0,20	0,19	0,35	0,26	0,27	0,31	0,36	
4	0,24	0,16	0,12	0,18	0,19	0,28	0,16	-	
5	0,39	0,41	0,18	0,36	0,48	0,34	0,37	0,37	
6	0,30	0,36	0,15	-	-	-	-	-	
7	0,30	0,22	0,17	-	-	-	-	-	
8	0,60	0,36	0,27	0,44	0,41	0,43	0,22	0,46	
9	0,34	0,21	0,16	0,26	0,25	0,35	0,27	0,47	
10	0,38	0,32	0,19	0,31	-	0,30	0,33	0,37	
11	0,52	0,52	0,36	0,58	0,39	0,41	0,48	0,58	
12	0,39	0,20	0,17	0,27	0,29	0,22	0,22	0,26	
13	0,35	0,27	0,22	0,31	0,32	0,34	0,42	0,37	
14	-	0,44	0,43	0,42	0,40	0,42	0,43	0,53	
15	-	0,31	0,11	0,39	0,29	-	-	-	
16	-	0,28	0,33	0,39	0,39	0,43	0,42	0,44	
17	0,25	0,34	0,20	0,31	0,21	0,34	0,19	0,34	
18	0,42	0,36	0,35	0,44	0,35	0,36	0,37	0,47	
19	0,32	0,32	0,18	0,29	0,25	0,22	0,22	0,23	
20	0,45	0,41	0,34	0,45	0,28	0,42	0,35	0,47	
21	0,50	0,29	0,37	0,59	0,37	0,56	0,36	0,60	
22	0,41	0,22	-	0,37	0,40	0,41	0,35	0,44	
23*	0,33	0,17	0,26*	0,39*	0,36*	0,34*	0,34*	0,45*	
24	0,47	0,24	0,26	0,33	-	0,42	0,35	0,57	
25	0,39	0,24	-	0,46	-	0,31	0,42	0,51	
26	0,46	0,37	-	0,46	0,43	0,53	0,34	0,64	
27	0,39	0,36	0,32	0,33	0,30	0,37	0,31	0,44	
28	0,46	0,37	0,40	-	-	-	-	-	
29	0,56	0,48	0,24	0,34	0,48	0,63	0,43	0,50	
30	0,33	0,27	0,24	-	-	-	-	-	
31	0,45	0,35	0,23	0,41	0,29	0,41	0,53	0,47	
32	0,52	0,27	0,21	0,27	0,31	0,33	0,45	0,33	
33	0,35	0,48	0,29	-	-	-	-	-	
34	0,30	0,30	0,21	0,33	0,29	0,34	0,34	0,34	
35	0,20	0,27	0,25	0,39	0,33	0,35	0,41	0,32	
36	-	0,27	0,17	0,33	0,39	0,33	0,55	0,56	
37	-	0,32	0,23	0,54	0,41	0,40	0,48	-	
38	-	0,35	0,24	0,25	-	0,36	0,38	0,41	
39	-	0,21	0,16	0,28	0,16	0,20	0,20	-	
40	-	0,28	0,19	0,41	0,30	0,20	0,24	0,36	
41	-	0,38	0,27	0,51	0,27	0,25	0,31	0,40	
42	-	0,52	0,34	0,39	0,50	0,47	0,46	0,64	
43	-	0,32	0,25	0,37	0,29	0,33	0,38	0,39	
44	-	0,21	0,17	0,29	0,19	0,33	0,32	0,41	
45	-	0,20	0,18	0,33	0,26	0,24	0,23	0,37	
46	-	0,40	0,27	0,42	0,25	0,35	0,23	0,37	
47*	-	0,25	0,12	0,50*	0,26*	0,56*	0,24*	0,21*	

GLEIN-KONTROLLNETZ - Nadeljahrgang 1

Baum	% Mg							
	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992
1	0,16	0,16	0,14	0,17	0,14	0,17	0,16	0,14
2	0,08	0,08	0,07	0,09	0,09	0,08	0,08	0,09
3	0,08	0,08	0,09	0,10	0,08	0,10	0,10	0,09
4	0,11	0,10	0,09	0,10	0,09	0,10	0,09	-
5	0,11	0,13	0,09	0,11	0,11	0,11	0,10	0,11
6	0,13	0,15	0,09	-	-	-	-	-
7	0,06	0,10	0,13	-	-	-	-	-
8	0,25	0,18	0,16	0,18	0,14	0,17	0,12	0,13
9	0,12	0,11	0,10	0,11	0,10	0,11	0,10	0,11
10	0,14	0,13	0,11	0,14	-	0,10	0,14	0,15
11	0,20	0,20	0,18	0,17	0,14	0,15	0,17	0,19
12	0,08	0,11	0,09	0,12	0,10	0,10	0,10	0,11
13	0,11	0,08	0,09	0,10	0,08	0,07	0,08	0,09
14	-	0,10	0,11	0,12	0,10	0,10	0,08	0,11
15	-	0,12	0,07	0,12	0,10	-	-	-
16	-	0,14	0,13	0,15	0,12	0,13	0,14	0,13
17	0,15	0,22	0,16	0,17	0,15	0,23	0,16	0,19
18	0,09	0,11	0,11	0,13	0,11	0,12	0,11	0,10
19	0,10	0,11	0,08	0,11	0,09	0,07	0,09	0,09
20	0,11	0,12	0,11	0,13	0,09	0,13	0,11	0,13
21	0,17	0,14	0,17	0,19	0,15	0,20	0,15	0,19
22	0,12	0,09	-	0,13	0,11	0,13	0,12	0,13
23*	0,12	0,10	0,10*	0,11*	0,09*	0,10*	0,08*	0,10*
24	0,14	0,09	0,15	0,11	-	0,14	0,13	0,23
25	0,14	0,12	-	0,17	-	0,14	0,11	0,18
26	0,13	0,11	-	0,13	0,11	0,10	0,10	0,11
27	0,16	0,17	0,19	0,22	0,17	0,19	0,18	0,17
28	0,11	0,12	0,13	-	-	-	-	-
29	0,11	0,14	0,11	0,13	0,12	0,15	0,11	0,13
30	0,12	0,13	0,09	-	-	-	-	-
31	0,15	0,15	0,12	0,14	0,12	0,13	0,18	0,13
32	0,28	0,19	0,16	0,15	0,19	0,19	0,24	0,19
33	0,08	0,10	0,17	-	-	-	-	-
34	0,09	0,13	0,11	0,10	0,10	0,10	0,12	0,09
35	0,11	0,14	0,14	0,17	0,13	0,14	0,15	0,13
36	-	0,14	0,10	0,18	0,15	0,10	0,13	0,14
37	-	0,11	0,10	0,18	-	0,09	0,12	0,13
38	-	0,15	0,13	0,09	-	0,15	0,13	0,16
39	-	0,09	0,10	0,11	0,07	0,07	0,08	-
40	-	0,15	0,14	0,17	0,12	0,10	0,13	0,17
41	-	0,11	0,12	0,15	0,09	0,08	0,09	0,10
42	-	0,15	0,14	0,11	0,13	0,11	0,14	0,16
43	-	0,13	0,15	0,12	0,11	0,11	0,14	0,12
44	-	0,11	0,14	0,12	0,10	0,16	0,15	0,16
45	-	0,12	0,14	0,13	0,11	0,11	0,12	0,11
46	-	0,21	0,19	0,19	0,13	0,18	0,16	0,17
47*	-	0,10	0,11	0,12*	0,10*	0,15*	0,09*	0,11*

GLEIN-KONTROLLNETZ - Nadeljahrgang 2

Baum	% S								
	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	
1		0,08	0,08	0,09	0,10	0,08	0,10	0,09	
2		0,11	0,09	0,12	0,12	0,11	0,11	0,10	
3		0,09	0,08	0,09	0,09	0,08	0,10	0,08	
4		0,10	0,10	0,10	0,11	0,09	0,09	-	
5		0,10	0,09	0,13	0,11	0,11	0,11	0,11	
6		0,07	0,07	-	-	-	-	-	
7		0,07	0,07	-	-	-	-	-	
8		0,10	0,11	0,11	0,12	0,11	0,12	0,09	
9		0,07	0,07	0,09	0,09	0,08	0,08	0,08	
10		0,09	0,09	0,11	-	0,10	0,09	0,11	
11		0,09	0,10	0,13	0,12	0,10	0,11	0,11	
12		0,09	0,08	0,10	0,10	0,09	0,10	0,09	
13		0,06	0,08	0,12	0,09	0,07	0,08	0,08	
14		0,10	0,10	0,12	0,12	0,10	0,10	0,11	
15		0,10	0,10	0,12	0,11	-	-	-	
16		0,10	0,09	0,11	0,11	0,09	0,10	0,09	
17		0,08	0,08	0,10	0,10	0,09	0,11	0,09	
18		0,12	0,12	0,13	0,12	0,11	0,12	0,11	
19		0,09	0,07	0,11	0,11	0,08	0,10	0,09	
20		0,14	0,11	0,14	0,13	0,12	0,14	0,13	
21		0,08	0,09	0,10	0,11	0,08	0,10	0,09	
22		0,10	-	0,13	0,13	0,09	0,11	0,12	
23*		0,10	0,07*	0,10*	0,09*	0,09*	0,10*	0,10*	
24		0,08	0,10	0,10	-	0,09	0,11	0,08	
25		0,08	-	0,12	-	0,09	0,08	0,08	
26		0,08	-	0,11	0,11	0,08	0,09	0,10	
27		0,11	0,13	0,14	0,13	0,11	0,12	0,11	
28		0,10	0,11	-	-	-	-	-	
29		0,11	0,11	0,10	0,12	0,11	0,11	0,12	
30		0,10	0,11	-	-	-	-	-	
31		0,12	0,12	0,11	0,11	0,11	0,12	0,15	
32		0,12	0,13	0,14	0,14	0,13	0,12	0,11	
33		0,08	0,11	-	-	-	-	-	
34		0,09	0,12	0,11	0,13	0,10	0,12	0,11	
35		0,08	0,08	0,10	0,09	0,08	0,09	0,10	
36		0,11	0,09	0,12	0,12	0,10	0,11	0,10	
37		0,10	0,10	0,10	-	0,11	0,11	0,10	
38		0,13	0,11	0,15	-	0,13	0,12	0,14	
39		0,08	0,08	0,08	0,08	0,07	0,09	-	
40		0,09	0,09	0,10	0,10	0,09	0,10	0,11	
41		0,10	0,11	0,10	0,10	0,10	0,12	0,10	
42		0,11	0,12	0,10	0,11	0,09	0,09	0,11	
43		0,09	0,11	0,08	0,09	0,08	0,10	0,10	
44		0,13	0,15	0,18	0,14	0,12	0,12	0,15	
45		0,10	0,13	0,13	0,12	0,12	0,13	0,14	
46		0,10	0,12	0,10	0,11	0,09	0,11	0,10	
47*		0,10	0,11	0,11*	0,11*	0,09*	0,10*	0,11*	

GLEIN-KONTROLLNETZ - Nadeljahrgang 2

Baum	% N							
	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992
1	1,24	1,12	0,98	1,15	1,16	1,11	1,25	1,14
2	1,15	1,25	1,11	1,38	1,31	1,22	1,35	1,36
3	1,12	1,07	0,99	1,03	1,12	1,05	1,12	1,09
4	1,36	1,23	1,09	1,08	1,29	1,18	1,14	-
5	1,35	1,28	1,10	1,32	1,32	1,41	1,32	1,27
6	1,35	1,22	0,97	-	-	-	-	-
7	1,02	1,03	1,01	-	-	-	-	-
8	1,45	1,33	1,20	1,26	1,28	1,30	1,22	1,20
9	1,31	1,12	1,10	1,41	1,14	1,19	1,25	1,24
10	1,15	1,13	0,93	1,08	-	1,16	1,04	1,06
11	1,33	1,19	1,14	1,15	1,13	0,98	1,11	1,19
12	1,16	1,01	0,86	0,94	0,92	0,88	0,91	0,93
13	1,13	0,98	1,08	1,33	1,24	1,21	1,21	1,22
14	-	1,31	1,24	1,41	1,33	1,36	1,26	1,37
15	-	1,24	1,23	1,20	1,07	-	-	-
16	-	1,20	1,03	1,16	1,28	1,21	1,28	1,17
17	1,05	0,98	0,87	0,96	0,97	1,01	0,97	0,98
18	1,25	1,18	1,09	1,21	1,21	1,16	1,24	1,16
19	1,33	1,22	0,99	1,19	1,30	1,12	1,14	1,13
20	1,18	1,20	1,15	1,29	1,25	1,29	1,31	1,24
21	1,20	1,03	1,02	1,24	1,18	1,15	1,06	1,08
22	1,18	1,05	-	1,17	1,19	1,06	1,04	1,12
23*	1,18	1,10	0,91*	1,18*	1,18*	1,14*	1,12*	1,14*
24	1,55	1,20	1,23	1,26	-	1,20	1,30	1,08
25	1,05	1,01	-	1,06	-	0,96	1,03	1,04
26	1,21	1,05	-	1,23	1,12	1,00	0,97	0,95
27	1,33	1,28	1,21	1,43	1,33	1,30	1,30	1,02
28	1,12	1,19	1,12	-	-	-	-	-
29	1,21	1,11	0,98	1,04	1,08	1,19	1,07	1,11
30	1,17	1,14	0,99	-	-	-	-	-
31	1,09	1,13	0,97	1,08	1,02	1,12	1,08	1,29
32	1,21	1,18	0,97	1,24	1,11	1,19	1,14	1,09
33	1,06	1,14	1,34	-	-	-	-	-
34	1,20	1,04	1,10	1,12	1,11	1,20	1,29	1,04
35	1,23	1,17	1,08	1,18	1,17	1,15	1,06	1,09
36	-	1,27	1,06	1,26	1,32	1,18	1,29	1,13
37	-	1,04	0,98	1,18	-	1,08	1,11	1,10
38	-	1,24	1,16	1,34	-	1,28	1,12	1,36
39	-	1,33	1,27	1,34	1,13	1,15	1,13	-
40	-	1,41	1,28	1,32	1,26	1,03	1,04	1,11
41	-	1,03	1,14	1,08	1,04	1,00	1,09	1,01
42	-	1,00	1,05	0,94	1,03	0,96	1,14	0,90
43	-	1,25	1,12	1,21	1,20	1,15	1,31	1,33
44	-	1,21	1,02	1,38	1,06	1,02	1,08	1,07
45	-	1,24	1,24	1,37	1,23	1,23	1,23	1,22
46	-	1,33	1,22	1,33	1,11	1,04	1,05	1,00
47*	-	1,26	1,07	1,06*	1,11*	1,16*	1,09*	1,09*

GLEIN-KONTROLLNETZ - Nadeljahrgang 2

Baum	% P							
	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992
1	0,13	0,15	0,10	0,15	0,15	0,13	0,15	0,11
2	0,14	0,16	0,11	0,16	0,14	0,15	0,15	0,16
3	0,12	0,14	0,12	0,16	0,17	0,12	0,14	0,15
4	0,15	0,13	0,09	0,11	0,13	0,17	0,11	-
5	0,18	0,18	0,13	0,17	0,13	0,14	0,13	0,16
6	0,12	0,12	0,09	-	-	-	-	-
7	0,12	0,18	0,14	-	-	-	-	-
8	0,19	0,17	0,14	0,15	0,14	0,13	0,16	0,16
9	0,13	0,11	0,11	0,15	0,12	0,11	0,11	0,16
10	0,12	0,12	0,08	0,11	-	0,11	0,10	0,16
11	0,16	0,14	0,11	0,16	0,13	0,11	0,12	0,16
12	0,18	0,17	0,10	0,13	0,12	0,12	0,12	0,15
13	0,13	0,09	0,09	0,18	0,14	0,14	0,12	0,16
14	-	0,18	0,15	0,19	0,18	0,18	0,14	0,18
15	-	0,14	0,12	0,14	0,13	-	-	-
16	-	0,18	0,15	0,18	0,19	0,16	0,20	0,17
17	0,10	0,10	0,07	0,10	0,09	0,10	0,11	0,15
18	0,10	0,10	0,09	0,13	0,12	0,11	0,11	0,15
19	0,11	0,10	0,08	0,12	0,10	0,10	0,10	0,14
20	0,13	0,13	0,11	0,14	0,13	0,14	0,15	0,15
21	0,11	0,10	0,09	0,13	0,12	0,10	0,12	0,17
22	0,12	0,16	-	0,15	0,12	0,12	0,14	0,17
23*	0,14	0,16	0,11*	0,18*	0,18*	0,15*	0,15*	0,17*
24	0,16	0,11	0,10	0,14	-	0,13	0,15	0,15
25	0,09	0,08	-	0,12	-	0,09	0,08	0,14
26	0,11	0,12	-	0,16	0,10	0,10	0,09	0,15
27	0,14	0,13	0,11	0,15	0,13	0,12	0,14	0,18
28	0,09	0,12	0,08	-	-	-	-	-
29	0,12	0,15	0,12	0,11	0,14	0,15	0,15	0,16
30	0,11	0,13	0,11	-	-	-	-	-
31	0,13	0,19	0,14	0,18	0,17	0,14	0,14	0,18
32	0,17	0,14	0,10	0,18	0,14	0,14	0,15	0,19
33	0,12	0,19	0,18	-	-	-	-	-
34	0,20	0,17	0,17	0,18	0,17	0,16	0,19	0,18
35	0,15	0,17	0,14	0,21	0,19	0,18	0,18	0,18
36	-	0,15	0,11	0,15	0,13	0,13	0,16	0,13
37	-	0,16	0,11	0,15	-	0,16	0,17	0,15
38	-	0,13	0,10	0,16	-	0,14	0,12	0,18
39	-	0,15	0,14	0,20	0,13	0,16	0,16	-
40	-	0,12	0,12	0,11	0,11	0,10	0,11	0,16
41	-	0,17	0,18	0,20	0,14	0,16	0,17	0,16
42	-	0,11	0,11	0,12	0,11	0,10	0,17	0,14
43	-	0,13	0,12	0,14	0,12	0,10	0,14	0,17
44	-	0,11	0,09	0,17	0,10	0,11	0,11	0,14
45	-	0,15	0,18	0,22	0,17	0,17	0,19	0,21
46	-	0,23	0,16	0,21	0,13	0,15	0,15	0,18
47*	-	0,10	0,11	0,12*	0,11*	0,20*	0,14*	0,16*

GLEIN-KONTROLLNETZ - Nadeljahrgang 2

Baum	%K							
	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992
1	0,33	0,27	0,21	0,30	0,26	0,25	0,24	0,30
2	0,20	0,57	0,23	0,32	0,37	0,37	0,39	0,45
3	0,48	0,46	0,37	0,45	0,43	0,39	0,41	0,48
4	0,19	0,29	0,22	0,21	0,28	0,55	0,34	-
5	0,19	0,49	0,40	0,43	0,41	0,43	0,40	0,50
6	0,47	0,40	0,26	-	-	-	-	-
7	0,35	0,59	0,44	-	-	-	-	-
8	0,49	0,42	0,39	0,39	0,34	0,36	0,31	0,36
9	0,43	0,16	0,23	0,23	0,24	0,25	0,26	0,28
10	0,26	0,27	0,23	0,18	-	0,30	0,19	0,19
11	0,52	0,54	0,42	0,60	0,39	0,45	0,41	0,52
12	0,37	0,21	0,30	0,25	0,19	0,23	0,22	0,26
13	0,29	0,29	0,31	0,38	0,37	0,39	0,37	0,32
14	-	0,93	0,88	1,00	0,91	0,94	0,71	0,99
15	-	0,53	0,50	0,56	0,50	-	-	-
16	-	0,21	0,23	0,29	0,36	0,32	0,32	0,20
17	0,30	0,25	0,19	0,25	0,23	0,27	0,25	0,25
18	0,51	0,55	0,58	0,58	0,51	0,43	0,52	0,57
19	0,35	0,27	0,26	0,32	0,23	0,23	0,21	0,20
20	0,46	0,45	0,33	0,62	0,43	0,51	0,38	0,42
21	0,26	0,27	0,23	0,28	0,24	0,27	0,22	0,25
22	0,27	0,22	-	0,27	0,27	0,18	0,19	0,25
23*	0,24	0,23	0,24*	0,30*	0,25*	0,37*	0,34*	0,38*
24	0,44	0,36	0,36	0,42	-	0,38	0,42	0,34
25	0,45	0,52	-	0,52	-	0,45	0,46	0,50
26	0,45	0,40	-	0,50	0,40	0,41	0,33	0,45
27	0,65	0,53	0,54	0,53	0,43	0,63	0,53	0,46
28	0,26	0,30	0,24	-	-	-	-	-
29	0,33	0,35	0,31	0,21	0,27	0,33	0,30	0,31
30	0,47	0,53	0,42	-	-	-	-	-
31	0,55	0,63	0,42	0,56	0,61	0,55	0,54	0,58
32	0,52	0,53	0,45	0,53	0,41	0,51	0,45	0,52
33	0,51	0,66	0,46	-	-	-	-	-
34	0,61	0,45	0,46	0,46	0,55	0,55	0,47	0,40
35	0,72	0,76	0,49	0,66	0,60	0,61	0,59	0,57
36	-	0,64	0,48	0,64	0,52	0,63	0,60	0,41
37	-	0,31	0,18	0,25	-	0,28	0,32	0,23
38	-	0,55	0,47	0,49	-	0,49	0,51	0,62
39	-	0,19	0,21	0,24	0,15	0,19	0,18	-
40	-	0,44	0,47	0,60	0,39	0,53	0,49	0,58
41	-	0,48	0,45	0,76	0,40	0,45	0,51	0,54
42	-	0,37	0,29	0,40	0,30	0,34	0,15	0,30
43	-	0,30	0,28	0,43	0,31	0,30	0,29	0,29
44	-	0,56	0,22	0,41	0,27	0,38	0,29	0,28
45	-	0,42	0,55	0,65	0,46	0,60	0,56	0,56
46	-	0,47	0,56	1,13	0,38	0,46	0,43	0,39
47*	-	0,61	0,17	0,26*	0,20*	0,37*	0,28*	0,21*

GLEIN-KONTROLLNETZ - Nadeljahrgang 2

Baum	% Ca								
	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	
1	0,44	0,46	0,39	0,35	0,45	0,47	0,47	0,38	
2	0,35	0,25	0,34	0,33	0,59	0,62	0,44	0,56	
3	0,37	0,43	0,35	0,42	0,64	0,56	0,60	0,50	
4	0,38	0,31	0,25	0,31	0,39	0,36	0,39	-	
5	0,39	0,50	0,41	0,41	0,54	0,64	0,49	0,47	
6	0,36	0,41	0,32	-	-	-	-	-	
7	0,40	0,29	0,32	-	-	-	-	-	
8	0,52	0,55	0,44	0,52	0,78	0,63	0,42	0,55	
9	0,57	0,50	0,32	0,45	0,62	0,71	0,57	0,69	
10	0,49	0,51	0,36	0,40	-	0,45	0,60	0,66	
11	0,64	0,72	0,60	0,64	0,69	0,70	0,67	0,76	
12	0,23	0,44	0,28	0,30	0,51	0,46	0,40	0,45	
13	0,60	0,52	0,53	0,61	0,73	0,68	0,68	0,67	
14	-	0,58	0,41	0,50	0,51	0,62	0,67	0,56	
15	-	0,39	0,37	0,43	0,48	-	-	-	
16	-	0,50	0,58	0,61	0,73	0,67	0,71	0,75	
17	0,23	0,42	0,31	0,36	0,37	0,51	0,37	0,45	
18	0,46	0,58	0,48	0,53	0,65	0,40	0,59	0,56	
19	0,52	0,52	0,47	0,42	0,59	0,42	0,45	0,53	
20	0,63	0,61	0,72	0,64	0,70	0,75	0,82	0,66	
21	0,60	0,59	0,55	0,71	0,74	0,77	0,57	0,85	
22	0,51	0,53	-	0,56	0,72	0,77	0,78	0,79	
23*	0,39	0,44	0,50*	0,51*	0,74*	0,65*	0,68*	0,65*	
24	0,50	0,57	0,48	0,59	-	0,64	0,64	0,69	
25	0,49	0,44	-	0,64	-	0,57	0,54	0,70	
26	0,63	0,64	-	0,73	1,08	0,87	0,76	0,78	
27	0,46	0,62	0,44	0,45	0,75	0,48	0,47	0,76	
28	0,77	0,75	0,75	-	-	-	-	-	
29	0,71	0,71	0,49	0,58	0,86	1,05	0,75	0,85	
30	0,41	0,47	0,41	-	-	-	-	-	
31	0,48	0,54	0,40	0,47	0,60	0,47	0,59	0,60	
32	0,53	0,43	0,26	0,35	0,58	0,39	0,46	0,44	
33	0,48	0,31	0,45	-	-	-	-	-	
34	0,41	0,42	0,43	0,39	0,56	0,51	0,54	0,47	
35	0,19	0,32	0,43	0,44	0,56	0,55	0,54	0,55	
36	-	0,33	0,25	0,25	0,52	0,39	0,37	0,69	
37	-	0,46	0,42	0,65	-	0,57	0,68	0,56	
38	-	0,64	0,38	0,57	-	0,74	0,80	0,60	
39	-	0,45	0,45	0,44	0,30	0,36	0,41	-	
40	-	0,28	0,31	0,34	0,50	0,29	0,25	0,36	
41	-	0,57	0,52	0,49	0,62	0,51	0,47	0,46	
42	-	0,80	0,68	0,66	0,95	0,81	0,75	0,88	
43	-	0,53	0,55	0,48	0,76	0,49	0,75	0,78	
44	-	0,44	0,36	0,36	0,35	0,38	0,58	0,65	
45	-	0,29	0,27	0,39	0,48	0,34	0,37	0,43	
46	-	0,51	0,46	0,70	0,62	0,66	0,53	0,55	
47*	-	0,39	0,29	0,39*	0,49*	0,31*	0,41*	0,41*	

GLEIN-KONTROLLNETZ - Nadeljahrgang 2

Baum	% Mg							
	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992
1	0,15	0,16	0,17	0,15	0,15	0,17	0,16	0,11
2	0,06	0,09	0,09	0,07	0,09	0,11	0,06	0,07
3	0,07	0,08	0,10	0,09	0,10	0,09	0,08	0,08
4	0,12	0,09	0,12	0,09	0,11	0,07	0,09	-
5	0,12	0,10	0,10	0,09	0,10	0,11	0,08	0,09
6	0,11	0,12	0,11	-	-	-	-	-
7	0,06	0,07	0,10	-	-	-	-	-
8	0,19	0,17	0,16	0,17	0,19	0,16	0,15	0,12
9	0,11	0,11	0,08	0,12	0,11	0,14	0,08	0,11
10	0,13	0,12	0,14	0,13	-	0,10	0,13	0,17
11	0,20	0,19	0,20	0,18	0,16	0,15	0,15	0,16
12	0,09	0,11	0,08	0,10	0,12	0,12	0,10	0,11
13	0,08	0,06	0,07	0,12	0,08	0,06	0,05	0,05
14	-	0,07	0,06	0,08	0,09	0,07	0,07	0,07
15	-	0,11	0,11	0,10	0,08	-	-	-
16	-	0,12	0,16	0,13	0,13	0,12	0,14	0,15
17	0,13	0,20	0,17	0,18	0,18	0,25	0,18	0,20
18	0,07	0,08	0,09	0,10	0,09	0,10	0,08	0,08
19	0,10	0,09	0,11	0,08	0,10	0,08	0,08	0,10
20	0,11	0,10	0,14	0,12	0,13	0,13	0,13	0,13
21	0,19	0,16	0,19	0,21	0,22	0,21	0,16	0,23
22	0,11	0,09	-	0,13	0,11	0,14	0,13	0,14
23*	0,12	0,11	0,08*	0,10*	0,10*	0,07*	0,07*	0,07*
24	0,14	0,10	0,14	0,15	-	0,13	0,13	0,22
25	0,12	0,11	-	0,16	-	0,12	0,10	0,18
26	0,12	0,10	-	0,14	0,13	0,08	0,10	0,11
27	0,14	0,16	0,17	0,20	0,19	0,17	0,17	0,15
28	0,12	0,12	0,14	-	-	-	-	-
29	0,12	0,15	0,14	0,15	0,17	0,20	0,13	0,16
30	0,11	0,14	0,10	-	-	-	-	-
31	0,12	0,12	0,12	0,11	0,14	0,10	0,12	0,19
32	0,24	0,19	0,15	0,18	0,23	0,17	0,20	0,20
33	0,07	0,09	0,15	-	-	-	-	-
34	0,09	0,12	0,13	0,10	0,12	0,12	0,12	0,09
35	0,07	0,11	0,16	0,17	0,15	0,08	0,12	0,15
36	-	0,11	0,10	0,10	0,16	0,12	0,14	0,15
37	-	0,10	0,11	0,15	-	0,07	0,12	0,12
38	-	0,14	0,10	0,17	-	0,13	0,13	0,16
39	-	0,09	0,08	0,09	0,08	0,07	0,08	-
40	-	0,12	0,14	0,13	0,13	0,11	0,09	0,15
41	-	0,10	0,11	0,11	0,10	0,09	0,08	0,09
42	-	0,13	0,11	0,12	0,16	0,14	0,15	0,16
43	-	0,10	0,13	0,06	0,12	0,10	0,13	0,14
44	-	0,10	0,14	0,15	0,12	0,13	0,16	0,21
45	-	0,09	0,10	0,10	0,11	0,11	0,11	0,11
46	-	0,21	0,18	0,20	0,19	0,22	0,18	0,19
47*	-	0,12	0,11	0,13*	0,13*	0,14*	0,10*	0,14*

GLEIN - FV HATSCHKEK
"Düngungsfläche 1989"

Nadeljahrgang 1		Baum	1988	1989	1990	1991	1992	
Düngung 1989	Stickstoff (% N)	49	1,15	1,27	1,40	1,38	1,27	
		50	1,24	1,46	1,46	1,49	1,37	
		51	1,32	1,53	1,34	1,42	1,52	
	Phosphor (% P)	49	0,19	0,20	0,22	0,25	0,21	
		50	0,19	0,22	0,21	0,21	0,19	
		51	0,20	0,22	0,21	0,24	0,21	
	Kalium (% K)	49	0,33	0,60	0,93	0,99	0,98	
		50	0,42	0,81	0,90	0,71	0,68	
		51	0,61	0,75	1,05	0,86	0,90	
	Calcium (% Ca)	49	0,33	0,43	0,45	0,35	0,69	
		50	0,36	0,39	0,29	0,28	0,28	
		51	0,39	0,38	0,29	0,34	0,35	
	Magnesium (% Mg)	49	0,09	0,09	0,11	0,10	0,11	
		50	0,11	0,09	0,09	0,09	0,13	
		51	0,15	0,12	0,11	0,11	0,15	
	Schwefel (% S)	49	0,11	0,11	0,09	0,12	0,10	
		50	0,10	0,12	0,09	0,11	0,11	
		51	0,11	0,12	0,10	0,11	0,12	
	Kontrolle	Stickstoff (% N)	52	1,41	1,35	1,27	1,41	1,37
			53	1,13	1,09	1,21	1,23	1,19
			54	1,31	1,33	1,33	1,01	1,36
		Phosphor (% P)	52	0,18	0,18	0,17	0,16	0,19
			53	0,19	0,21	0,17	0,19	0,20
			54	0,24	0,24	0,25	0,19	0,25
Kalium (% K)		52	0,24	0,27	0,29	0,25	0,24	
		53	0,39	0,36	0,34	0,41	0,30	
		54	0,32	0,35	0,35	0,53	0,41	
Calcium (% Ca)		52	0,26	0,31	0,23	0,24	0,23	
		53	0,24	0,29	0,19	0,26	0,39	
		54	0,32	0,36	0,63	0,31	0,53	
Magnesium (% Mg)		52	0,10	0,09	0,07	0,08	0,09	
		53	0,08	0,07	0,05	0,08	0,08	
		54	0,12	0,12	0,12	0,10	0,15	
Schwefel (% S)		52	0,12	0,11	0,09	0,10	0,10	
		53	0,10	0,11	0,09	0,10	0,10	
		54	0,11	0,11	0,10	0,10	0,09	

GLEIN - FV HATSCHEK
"Düngungsfläche 1989"

Nadeljahrgang 2		Baum	1988	1989	1990	1991	1992	
Düngung 1989	Stickstoff (% N)	49	1,04	1,18	1,37	1,32	1,33	
		50	1,21	1,49	1,49	1,57	1,42	
		51	1,29	1,53	1,37	1,38	1,44	
	Phosphor (% P)	49	0,16	0,19	0,19	0,25	0,23	
		50	0,16	0,20	0,16	0,19	0,17	
		51	0,20	0,21	0,16	0,20	0,22	
	Kalium (% K)	49	0,25	0,48	0,81	0,88	0,71	
		50	0,32	0,77	0,70	0,62	0,65	
		51	0,51	0,66	0,68	0,68	0,74	
	Calcium (% Ca)	49	0,53	0,77	0,77	0,68	0,39	
		50	0,33	0,56	0,47	0,40	0,39	
		51	0,37	0,47	0,55	0,45	0,51	
	Magnesium (% Mg)	49	0,09	0,09	0,08	0,09	0,10	
		50	0,07	0,08	0,04	0,07	0,10	
		51	0,11	0,12	0,12	0,10	0,12	
	Schwefel (% S)	49	0,11	0,13	0,12	0,12	0,11	
		50	0,10	0,14	0,12	0,12	0,12	
		51	0,12	0,13	0,11	0,12	0,12	
	Kontrolle	Stickstoff (% N)	52	1,13	1,25	1,26	1,18	1,19
			53	1,11	1,21	1,17	1,28	1,21
			54	1,14	1,10	1,33	1,37	1,35
		Phosphor (% P)	52	0,12	0,14	0,13	0,12	0,16
			53	0,20	0,23	0,21	0,23	0,21
			54	0,24	0,22	0,25	0,28	0,25
Kalium (% K)		52	0,17	0,17	0,14	0,21	0,18	
		53	0,24	0,28	0,29	0,34	0,30	
		54	0,28	0,25	0,35	0,40	0,37	
Calcium (% Ca)		52	0,35	0,50	0,51	0,41	0,43	
		53	0,35	0,52	0,44	0,38	0,49	
		54	0,60	0,69	0,63	0,67	0,73	
Magnesium (% Mg)		52	0,09	0,11	0,06	0,07	0,10	
		53	0,07	0,09	0,07	0,08	0,08	
		54	0,13	0,14	0,12	0,15	0,14	
Schwefel (% S)		52	0,11	0,12	0,09	0,09	0,10	
		53	0,11	0,10	0,10	0,11	0,10	
		54	0,11	0,10	0,09	0,11	0,10	

FV LIECHTENSTEIN-WALDSTEIN
"Düngungsflächen 1987" - Nadeljahrgang 1

	Baum	Jahr	% N	% P	% K	% Ca	% Mg
Fläche 10	1	86	1,21	0,17	0,24	0,13	0,08
		87*	1,26	0,14	0,21	0,23	0,09
		88	-	-	-	-	-
		89	1,30	0,18	0,27	0,24	0,08
		90	1,30	0,18	0,33	0,30	0,09
		91	1,29	0,17	0,30	0,24	0,09
		92	1,50	0,20	0,41	0,43	0,13
	1V	86	1,23	0,13	0,22	0,22	0,08
		87*	1,05	0,17	0,23	0,14	0,06
		88	-	-	-	-	-
		89	1,26	0,15	0,23	0,31	0,09
		90	1,37	0,16	0,28	0,48	0,12
		91	1,12	0,14	0,35	0,32	0,09
		92	1,28	0,17	0,38	0,44	0,10
	2	86	1,32	0,14	0,44	0,16	0,09
		87	1,18	0,12	0,40	0,15	0,09
		88	-	-	-	-	-
		89	1,23	0,14	0,43	0,29	0,09
		90	1,30	0,14	0,42	0,25	0,08
		91	1,32	0,13	0,44	0,25	0,10
		92	1,49	0,18	0,56	0,33	0,11
	2V	86	1,27	0,13	0,21	0,16	0,07
		87	1,79	0,37	0,46	0,13	0,08
		88	-	-	-	-	-
		89	1,18	0,15	0,29	0,38	0,11
		90	1,37	0,15	0,31	0,37	0,10
		91	1,27	0,13	0,41	0,24	0,08
		92	1,44	0,15	0,46	0,21	0,07
3	86	1,17	0,12	0,36	0,37	0,09	
	87*	1,23	0,13	0,37	0,37	0,09	
	88	-	-	-	-	-	
	89	1,55	0,16	0,79	0,41	0,09	
	90	1,52	0,15	0,69	0,33	0,08	
	91	1,29	0,15	0,59	0,31	0,08	
	92	1,36	0,18	0,54	0,26	0,08	
3V	86	1,03	0,10	0,19	0,23	0,09	
	87*	1,01	0,11	0,29	0,21	0,08	
	88	-	-	-	-	-	
	89	1,35	0,15	0,64	0,33	0,10	
	90	1,29	0,14	0,65	0,35	0,10	
	91	1,32	0,14	0,69	0,30	0,10	
	92	1,44	0,18	0,80	0,25	0,11	
4	86	1,25	0,12	0,36	0,30	0,08	
	87	1,29	0,13	0,36	0,38	0,09	
	88	-	-	-	-	-	
	89	1,34	0,18	0,39	0,32	0,08	
	90	1,28	0,13	0,34	0,29	0,08	
	91	1,41	0,15	0,50	0,32	0,08	
	92	1,44	0,17	0,40	0,24	0,07	
4V	86	1,13	0,13	0,21	0,31	0,09	
	87	1,23	0,15	0,22	0,37	0,10	
	88	-	-	-	-	-	
	89	1,30	0,17	0,29	0,30	0,10	

FV LIECHTENSTEIN-WALDSTEIN
"Düngungsflächen 1987" - Nadeljahrgang I

	Baum	Jahr	% N	% P	% K	% Ca	% Mg
Fläche 11	5	86	1,33	0,16	0,22	0,31	0,11
		87**	1,40	0,21	0,29	0,42	0,14
		88	1,36	0,22	0,33	0,53	0,15
		89	1,20	0,18	0,33	0,41	0,10
		90	1,43	0,20	0,28	0,47	0,12
		91	1,22	0,18	0,22	0,40	0,11
		92	1,08	0,19	0,18	0,59	0,11
	5V	86	1,04	0,15	0,23	0,15	0,07
		87**	1,14	0,16	0,24	0,16	0,07
		88	1,11	0,16	0,29	0,20	0,08
		89	1,06	0,15	0,22	0,23	0,08
		90	0,95	0,15	0,22	0,25	0,07
		91	1,01	0,16	0,14	0,24	0,07
		92	1,21	0,18	0,15	0,48	0,13
	6	86	1,46	0,23	0,75	0,27	0,12
		87	1,33	0,17	0,67	0,41	0,16
		88	1,41	0,18	0,62	0,56	0,20
		89	1,43	0,20	0,66	0,40	0,14
		90	1,20	0,19	0,63	0,47	0,15
		91	1,16	0,18	0,62	0,33	0,13
		92	1,29	0,22	0,48	0,62	0,18
	6V	86	1,44	0,14	0,14	0,14	0,08
		87	1,37	0,13	0,14	0,14	0,08
		88	1,59	0,19	0,13	0,17	0,07
89		1,21	0,19	0,29	0,15	0,08	
90		1,10	0,20	0,27	0,21	0,09	
91		1,13	0,18	0,26	0,17	0,09	
92		1,03	0,20	0,12	0,33	0,10	

* 1987 Düngung mit Wuxal (Düngungsparzelle 10)

** 1987 Düngung mit Silvital (Düngungsparzelle 11)

FV LIECHTENSTEIN-WALDSTEIN
"Düngungsflächen 1987" - Nadeljahrgang 2

	Baum	Jahr	% N	% P	% K	% Ca	% Mg
Fläche 10	1*	87	1,05	0,11	0,16	0,51	0,11
		90	1,14	0,15	0,29	0,43	0,08
		91	1,19	0,15	0,27	0,36	0,09
		92	1,43	0,20	0,43	0,55	0,11
	1V*	87	0,95	0,12	0,16	0,29	0,08
		90	1,13	0,13	0,19	0,73	0,13
		91	1,15	0,13	0,31	0,49	0,08
		92	1,21	0,15	0,33	0,58	0,08
	2	87	1,05	0,07	0,24	0,25	0,07
		90	1,30	0,12	0,33	0,47	0,07
		91	1,30	0,12	0,37	0,54	0,10
		92	1,50	0,17	0,49	0,41	0,08
	2V	87	1,73	0,32	0,19	0,46	0,13
		90	1,25	0,12	0,32	0,71	0,10
		91	1,41	0,13	0,37	0,42	0,07
		92	1,50	0,13	0,37	0,39	0,05
	3*	87	1,06	0,08	0,33	0,54	0,10
		90	1,53	0,13	0,61	0,58	0,07
		91	1,34	0,13	0,52	0,56	0,07
		92	1,37	0,16	0,53	0,41	0,05
	3V*	87	0,98	0,09	0,24	0,39	0,10
		90	1,25	0,11	0,43	0,62	0,09
		91	1,39	0,14	0,55	0,45	0,08
		92	1,37	0,17	0,54	0,40	0,08
	4	87	1,17	0,10	0,30	0,49	0,08
		90	1,37	0,12	0,33	0,52	0,07
		91	1,42	0,14	0,46	0,67	0,08
		92	1,47	0,15	0,36	0,40	0,06
4V	87	0,99	0,11	0,19	0,55	0,10	
	90	1,41	0,14	0,35	0,54	0,10	
	91	1,13	0,11	0,21	0,52	0,10	
	92	1,35	0,15	0,42	0,60	0,10	
Fläche 11	5**	87	1,05	0,13	0,19	0,53	0,11
		90	0,97	0,14	0,21	0,65	0,08
		91	0,99	0,13	0,23	0,63	0,08
		92	0,98	0,15	0,16	0,76	0,11
	5V**	87	1,03	0,11	0,13	0,34	0,08
		90	0,89	0,14	0,15	0,52	0,09
		91	0,99	0,16	0,11	0,50	0,10
		92	0,98	0,16	0,11	0,74	0,13
	6	87	1,35	0,15	0,42	0,52	0,16
		90	1,28	0,18	0,42	0,65	0,15
		91	1,20	0,17	0,41	0,59	0,14
		92	1,26	0,21	0,33	0,76	0,18
	6V	87	1,21	0,11	0,08	0,29	0,11
		90	1,09	0,17	0,20	0,30	0,08
		91	1,04	0,14	0,15	0,30	0,08
		92	0,97	0,17	0,11	0,37	0,09

FV LIECHTENSTEIN-WALDSTEIN / "Düngungsfläche 1989"

Kontrolle	Baum	Nadeljahrgang 1					Nadeljahrgang 2				
		1988	1989	1990	1991	1992	1988	1989	1990	1991	1992
Stickstoff (% N)	8	1,29	1,26	1,21	1,21	1,18	1,35	1,36	1,28	1,33	1,29
	13	1,50	1,40	1,34	1,26	1,10	1,15	1,08	1,40	1,03	1,04
	17	1,25	1,25	1,18	1,28	1,16	1,23	1,27	1,20	1,28	1,10
Phosphor (% P)	8	0,15	0,16	0,15	0,14	0,17	0,14	0,13	0,13	0,13	0,15
	13	0,20	0,20	0,20	0,18	0,19	0,16	0,15	0,14	0,13	0,17
	17	0,15	0,19	0,15	0,19	0,15	0,17	0,15	0,12	0,15	0,14
Kalium (% K)	8	0,57	0,51	0,50	0,50	0,47	0,47	0,33	0,38	0,40	0,34
	13	0,23	0,25	0,26	0,22	0,19	0,21	0,23	0,21	0,28	0,20
	17	0,44	0,31	0,28	0,31	0,22	0,31	0,21	0,22	0,26	0,19
Calcium (% Ca)	8	0,50	0,48	0,31	0,35	0,53	0,56	0,95	0,56	0,66	0,65
	13	0,47	0,35	0,33	0,33	0,54	0,55	0,64	0,64	0,66	0,70
	17	0,52	0,28	0,23	0,27	0,20	0,26	0,65	0,55	0,57	0,47
Magnesium (% Mg)	8	0,17	0,12	0,10	0,11	0,13	0,13	0,15	0,09	0,11	0,10
	13	0,16	0,10	0,10	0,10	0,12	0,13	0,10	0,09	0,11	0,10
	17	0,08	0,07	0,06	0,08	0,06	0,07	0,08	0,06	0,07	0,06
Schwefel (% S)	8	0,11	0,11	0,10	0,10	0,10	0,12	0,12	0,12	0,11	0,11
	13	0,11	0,10	0,10	0,09	0,09	0,09	0,10	0,11	0,08	0,10
	17	0,11	0,11	0,10	0,11	0,09	0,15	0,13	0,13	0,11	0,10

FV LIECHTENSTEIN-WALDSTEIN / "Düngungsfläche 1989"

Kontrolle	Baum	Nadeljahrgang 1					Nadeljahrgang 2				
		1988	1989	1990	1991	1992	1988	1989	1990	1991	1992
Stickstoff (% N)	9	1,29	1,36	1,27	1,27	1,29	1,40	1,41	1,34	1,38	1,31
	10	1,38	1,44	1,42	1,43	1,30	1,29	1,41	1,31	1,35	1,20
	14	1,45	1,53	1,20	1,29	1,19	1,13	1,32	1,40	1,33	1,22
Phosphor (% P)	9	0,11	0,12	0,12	0,12	0,15	0,09	0,09	0,09	0,10	0,14
	10	0,21	0,17	0,18	0,18	0,18	0,18	0,15	0,15	0,15	0,17
	14	0,19	0,18	0,20	0,19	0,17	0,15	0,16	0,18	0,17	0,16
Kalium (% K)	9	0,89	0,93	0,90	0,82	0,79	0,81	0,67	0,71	0,68	0,59
	10	0,52	0,63	0,72	0,64	0,53	0,37	0,49	0,45	0,46	0,41
	14	0,34	0,55	0,79	0,67	0,33	0,19	0,46	0,57	0,44	0,31
Calcium (% Ca)	9	0,55	0,51	0,58	0,48	0,84	0,71	0,91	0,90	0,74	0,97
	10	0,67	0,62	0,54	0,53	0,66	0,05	1,26	1,39	1,01	1,03
	14	0,46	0,45	0,50	0,34	0,55	0,63	0,73	0,81	0,75	0,75
Magnesium (% Mg)	9	0,11	0,09	0,09	0,09	0,08	0,09	0,09	0,08	0,08	0,07
	10	0,18	0,14	0,15	0,16	0,15	0,21	0,18	0,17	0,16	0,15
	14	0,15	0,13	0,13	0,12	0,11	0,14	0,12	0,12	0,13	0,11

FV LIECHTENSTEIN-WALDSTEIN / "Düngungsfläche 1989"

Kontrolle	Baum	Nadeljahrgang 1					Nadeljahrgang 2				
		1988	1989	1990	1991	1992	1988	1989	1990	1991	1992
Stickstoff (% N)	11	1,24	1,70	1,61	1,45	1,37	1,21	1,59	1,49	1,42	1,29
	12	1,39	1,67	1,56	1,41	1,30	1,26	1,51	1,56	1,47	1,36
	15	1,29	1,56	1,35	1,35	1,24	1,18	1,36	1,34	1,28	1,24
Phosphor (% P)	11	0,21	0,23	0,23	0,21	0,19	0,10	0,23	0,17	0,17	0,19
	12	0,14	0,18	0,14	0,14	0,16	0,13	0,19	0,13	0,14	0,16
	15	0,17	0,18	0,15	0,17	0,17	0,12	0,13	0,14	0,14	0,16
Kalium (% K)	11	0,50	0,70	0,81	0,62	0,49	0,49	0,68	0,69	0,56	0,49
	12	0,36	0,67	0,70	0,61	0,54	0,29	0,54	0,59	0,52	0,46
	15	0,36	0,76	0,89	0,93	0,76	0,26	0,67	0,67	0,65	0,63
Calcium (% Ca)	11	0,40	0,42	0,40	0,26	0,44	0,50	0,64	0,68	0,44	0,50
	12	0,45	0,69	0,48	0,49	0,55	0,73	1,13	0,91	0,86	0,71
	15	0,27	0,36	0,34	0,23	0,40	0,44	0,60	0,57	0,53	0,55
Magnesium (% Mg)	11	0,15	0,13	0,12	0,12	0,13	0,15	0,14	0,10	0,10	0,10
	12	0,09	0,10	0,09	0,09	0,10	0,08	0,11	0,05	0,07	0,07
	15	0,11	0,11	0,11	0,10	0,09	0,11	0,10	0,09	0,09	0,10
Schwefel (% S)	11	0,11	0,13	0,12	0,11	0,11	0,13	0,15	0,12	0,11	0,10
	12	0,10	0,10	0,10	0,09	0,09	0,10	0,11	0,10	0,09	0,09
	15	0,09	0,09	0,10	0,08	0,09	0,09	0,09	0,09	0,08	0,08

Schlußfolgerungen aus den forstpathologischen Untersuchungen in der Gleinalpe

CHRISTIAN TOMICZEK

Institut für Forstschutz, Forstliche Bundesversuchsanstalt

Kurzfassung: Ziel der im Gleinalmgebiet durchgeführten forstpathologischen Untersuchungen war es, die von DONAUBAUER (1989) postulierte Hypothese der "Nährstoffdefizite infolge Wurzelschäden" zu untermauern oder zu widerlegen. STEFAN (1989) stellte nach Durchführung umfangreicher Nadelanalysen im Projektgebiet fest, daß vor allem mangelhafte Kalium- und Stickstoffversorgung die Ursache der Vergilbung älterer Nadeljahrgänge ist. MAJER ET AL. (1989) wiesen auf Mängel der Nährstoff- und Wasserversorgung, die geringe Pufferkapazität, sowie die starke Versauerung der Böden hin, konnten aber keinen unmittelbar kausalen Zusammenhang mit den Schadbildern an Fichte herleiten. Konkret stellte sich nun die Frage, ob die Nährelementunterversorgung

- durch Auswaschungsvorgänge (leaching) innerhalb der Baumkronen,
- durch eine Störung des Aufnahme- und Leitapparates der Fichten
- oder durch andere noch weitgehend unbekannte Ursachen hervorgerufen wurde.

Schlüsselworte: Fichte, Wurzel-/Stammfäule, Nährstoffmangel, Nadelvergilbung

Abstract: [Conclusions from Forest Pathological Investigations in the Gleinalm area.] Healthy and diseased Norway spruce trees showing symptoms of acute needle yellowing were felled and examined for the presence of root and butt rots, and the nutrient content of needles and of root and stem sapwood was compared.

Trees with acute needle yellowing had significantly higher rates of root and/or butt rot, low levels of potassium, calcium and magnesium in the needles, and up to 7 times more potassium, calcium and magnesium in the sapwood of roots and lower stem parts.

Mineral deficiency in spruce needles and acute needle yellowing as a symptom thereof are consequently considered as being induced by physiochemical reactions due to fungal attack.

Keywords: Norway spruce, root/butt rot, mineral deficiency, needle yellowing

1. Wurzel- und Stammfäulen

Die im Projektgebiet an 56 Fichten unterschiedlicher Altersklassen und Schädigungsgrade (28 "Plusbäume" = gesunde Fichten, weitgehend schadsymptomfrei - sowie 28 "Minusbäume" = kranke Fichten, vergilbt und verlichtet) und deren 230 Hauptwurzeln durchgeführten Fäuleuntersuchungen (TOMICZEK 1990 a), ergaben einen deutlichen Zusammenhang zwischen Baumzustand im Kronenbereich und Fäuleprozent.

92,9 % der untersuchten "Minusbäume", sowie 87,9 % der Hauptwurzeln der Fichten mit Schadenssymptomen, und im Gegensatz dazu nur 7,1 % der "Plusbäume" und 11,4 % ihrer Hauptwurzeln wiesen Fäule auf. Der hohe Fäuleanteil der vergilbten Fichten im Gegensatz zu den relativ geringen Fäuleprozenten symptomfreier Fichten läßt den Schluß zu, daß hier ein direkter Zusammenhang gegeben ist.

Tabelle 1:

Fäuleanteile "gesunder" und "kranker" Fichten im Gleinalmgebiet

	Plusbäume				Minusbäume			
	Stamm		Wurzel		Stamm		Wurzel	
	faul	nicht faul	faul	nicht faul	faul	nicht faul	faul	nicht faul
n:	2	26	13	101	26	2	102	14
%:	7,1	92,9	11,4	88,6	92,9	7,1	87,9	12,1

2. Störungen des Aufnahme- und Leitapparates

Wenn nun klargelegt ist, daß die Nährstoffmängel in den Nadeln vergilbter Fichten mit Wurzel- und Stammfäulen in direktem Zusammenhang stehen, bleibt immer noch die Frage offen, inwieweit dies durch verminderte Nährstoffaufnahme bzw. Nährstoffleitung bedingt ist.

GÖBL (1989 a,b) fand einen sehr hohen Prozentsatz geschädigter bzw. in ihrer Entwicklung gestörter Mykorrhizen auf verschiedenen Standorten des Untersuchungsgebietes. Die Nährstoff- und Wasseraufnahme wird durch Mykorrhizaschäden beeinträchtigt und spielt für den Ernährungs- und Vitalitätszustand der Fichten im Gleinalmgebiet sicherlich eine bedeutende Rolle. Dies würde die Theorie der "Störung des Aufnahmeapparates" als eine der Hauptursachen für das Kränkeln der Fichten der Glein unterstützen. Allerdings konnte GÖBL (1990 b) nicht klären, ob die Mykorrhizaschäden mit den Baumzuständen im Untersuchungsgebiet korrelieren oder nicht.

Eigene Studien an "ungeschädigten" und "geschädigten" Probestämmen der Glein

angenommen werden, daß Störungen innerhalb des Wassertransportsystems des aufsteigenden Saftstroms vergilbter "Minusbäume" eine wesentliche Ursache für das Auftreten der Schadenssymptome darstellen und zur Unterversorgung der Nadeln beitragen.

Dies würde auch erklären, weshalb der Großteil der im Projektgebiet durchgeführten Düngeversuche keinen nennenswerten Erfolg gebracht hat (STEFAN 1991; TOMICZEK 1991 b).

3. Nährelementmangel infolge Wurzel- und Stammfäulen

Zwischen 1988 und 1989 wurden von insgesamt 10 Baumpaaren (10 Plusbäume - 10 Minusbäume) die Nährelementgehalte der Nadeljahrgänge 1+2, sowie des Splintholzes im Bereich dreier Stammscheiben (bei einem Teil auch des Wurzelholzes) bestimmt. Die mittleren Nährelementgehalte der Nadel- und Holzproben der "Plus-" und "Minusbäume" unterschieden sich teilweise signifikant voneinander. Während K, Mg und Ca in den Nadeln der "Minusbäume" in wesentlich geringeren Konzentrationen als bei den "Plusbäumen" vorlagen, zeigten die Analyseergebnisse der Splintholzproben im unteren Stamm- und Wurzelbereich gegenteiligen Verlauf; so enthielten die Splintholzproben der durch Fäule geschädigten, vergilbten Fichten durchschnittlich 7x mehr K, 4x soviel Ca und mehr Mg, N und auch Mn (TOMICZEK 1990 c).

Das Fehlen bestimmter Hauptnährelemente in den Nadeln vergilbter Fichten der Glein, bei gleichzeitiger Konzentration derselben Nährelemente in fäulegeschädigten Teilzonen des Holzes, läßt den Schluß zu, daß physiologische Reaktionen des betroffenen Baumes indirekt den Nährstoffmangel, sowie das Auftreten der Schadenssymptome induzieren.

Die vorliegenden Ergebnisse eigener Untersuchungen, sowie die anderer Autoren bestätigen die von DONAUBAUER (1989) postulierte Hypothese der "Nährstoffdefizite infolge Wurzelschäden". Die vergilbten Fichten im Projektgebiet wiesen N-, K-, Ca- und Mg- Unterversorgung (bzw. Mangel) in den Nadeln, signifikant höhere Fäuleprozente in Wurzeln und Stamm, sowie bis zu 7x höhere Konzentrationen an Kationen im unteren Stammholz auf. Inwieweit Mykorrhizaschäden einerseits, Fäule(folge)schäden andererseits die Gesamtheit der Nährstoffdefizite vergilbter Fichten im Projektgebiet erklären, sollte durch Folgeuntersuchungen überprüft werden.

Literatur

- DONAUBAUER, E., 1989: *Das Walderkrankungssyndrom im Gleinalgebiet*. Mitt.d.Forstl. Bundesversuchsanstalt Wien, 163/I, 5-9.
- GOBL, F., 1989 a: *Mykorrhiza- und Feinwurzeluntersuchungen im Waldschadensgebiet Gleingraben und Gleinalpe (Steiermark). I*. Mitt.d.Forstl. Bundesversuchsanstalt Wien, 1963/I, 171-195.
- GOBL, F., 1989 b: *Mykorrhiza- und Feinwurzeluntersuchungen im Waldschadensgebiet Gleingraben und Gleinalpe (Steiermark). II*. Mitt.d.Forstl. Bundesversuchsanstalt Wien, 163/I, 197-220.
- GÖBL, F., 1990 b: *Mykorrhiza- und Feinwurzeluntersuchungen im Waldschadensgebiet Gleingraben und Gleinalpe (Stmk.). IV*. Mitt.d.Forstl. Bundesversuchsanstalt Wien, 163/III, 33-38.
- MAJER, CH., KILIAN, W. U. MUTSCH, F., 1989: *Die Boden im Gleinalgebiet*. Mitt.d.Forstl. Bundesversuchsanstalt Wien, 163/I, 33-127.
- STEFAN, K., 1989: *Ergebnisse chemischer Nadelanalysen im Untersuchungsgebiet der Glein*. Mitt.d.Forstl. Bundesversuchsanstalt Wien, 163/II, 289-339.
- TOMICZEK, CH., 1990 a: *Forstpathologische Erhebungen im Gebiet der Glein. (I). Wurzel- und Stammfäuleuntersuchungen an Fichten*. Mitt.d.Forstl. Bundesversuchsanstalt Wien, 163/III, 39-57.
- TOMICZEK, CH., 1990 b: *Forstpathologische Erhebungen im Gebiet der Glein. (II). Bestimmung des Wassergehaltes im Holz unterschiedlich vitaler Fichten und Zusammenhänge mit der elektrischen Leitfähigkeit im Splint*. Mitt.d.Forstl. Bundesversuchsanstalt Wien, 163/III, 59-70.
- TOMICZEK, CH., 1990 c: *Forstpathologische Erhebungen im Gebiet der Glein. (III). Wurzel- und Stammfäulen - eine mögliche Ursache von Nährelementmangel in Fichtennadeln*. Mitt.d.Forstl. Bundesversuchsanstalt Wien, 163/III, 71-97.
- TOMICZEK, CH., 1991 b: *Forstpathologische Erhebungen im Gebiet der Glein. (V). Beobachtungen des Vitalitätszustandes von Fichten mittels Impulsstrommethode in gedüngten und ungedüngten Dauerbeobachtungsflächen der Gleinalpe*. Mitt.d.Forstl. Bundesversuchsanstalt Wien, 1963/4, 173-191.

Autor: Dipl.-Ing. Dr. Christian Tomiczek
Forstliche Bundesversuchsanstalt
Institut für Forstschutz
Seckendorff-Gudent Weg 8
1131 Wien

Das Walderkrankungssyndrom im Gleinalmgebiet - Synopsis der Ergebnisse

EDWIN DONAUBAUER

Institut für Forstschutz, Forstliche Bundesversuchsanstalt

Abstract: [The Forest Decline Syndrome in the Gleinalm Area - Synopsis of Results.] The forest decline syndrome in the Gleinalm area included yellowing of needles (of Norway spruce and silver fir), growth reduced, a high percentage of tree mortality in young trees and older age classes, root and stem rot and poor mykorrhiza. Studies concentrated on chemical analyses of soil, air and needles, on increment, as well as on mykorrhizae, root and stem rots and some physiological parameters (electrical conductivity, deposition of nutrients in the xylem). Further, the stand history provided data on earlier stresses and treatments of the sites.

The entire area suffered from cattle grazing, large-scale clear-cuts, surface burning and loss of biodiversity over a long period - until the middle of this century; forest management concentrated on monocultures of Norway spruce. The major part of present spruce stands suffer from stem rot after bark-peeling by red deer; in addition, root rot is common. Nitrogen deficiency is the most common nutrition problem of the needles. The presence of air pollutants was proved, but the concentrations or rates of deposition seem to be too low for an explanation of the decline.

Increment depressions have occurred since the late 1950ies or early 1960ies, the symptoms of the decline, however, became obvious as late as by the end of the 1970ies. This implies that visible symptoms became evident only after several very severe drought periods. The principal stress situation is caused by long-term excessive exploitation of the site and silvicultural treatment.

Strategies of future forest management are discussed.

Keywords: Forest decline, decay, drought, air pollution

1. Einleitung

Die Untersuchungen der Forstlichen Bundesversuchsanstalt waren ursprünglich für eine kürzere Zeitspanne geplant, doch ließen es einige Aspekte sinnvoll erscheinen, manche Untersuchungen zu ergänzen, weil die Dynamik des Schadensverlaufes weitere Erkenntnisse versprach. Bisher sind die diversen Ergebnisse der einzelnen Fachbereiche in vier Bänden der *Mitteilungen der Forstlichen Bundesversuchsanstalt* erschienen (1989 Bd. 163/I u. II; 1990 Bd. 163/III; 1991 Bd. 163/IV). Einige weitere Detailergebnisse werden nun in diesem Band, 1994, Band 163/V, vorgelegt. Das Gemeinschaftsprojekt verschiedener Fachbereiche wird hiermit nun abgeschlossen, doch wird

Rückblickend zeigt sich, daß das Waldschadenssyndrom der Glein schon deshalb von weiterreichendem Interesse sein dürfte, weil es keinen Einzelfall darstellt. Von der Waldgeschichte bis zum Aussehen der Wälder gibt es zahlreiche Parallelen in Österreich; erst vor kurzem wurde unsere Aufmerksamkeit auf ein ähnliches Syndrom im Lungau, Salzburg, durch Dr. Wiener, Landesforstinspektion Salzburg, gelenkt.

In der Synopse möchte ich eine Zusammenschau der bisherigen Ergebnisse versuchen.

2. Ergebnisse der Suche nach den Ursachen

Die Erhebungen konzentrierten sich zuerst auf die Waldgeschichte und die standörtlichen Charakteristika des Gleinalmgebietes; auf diese für das Verständnis mancher Zusammenhänge wichtigen Grundlagen wird weiter unten noch einzugehen sein.

Die Versuche und Untersuchungen zu Fragen nach der Kausalität konzentrierten sich auf:

- die Phyllosphaere einschließlich der Schadstoffbelastung der ambienten Luft,
- die Rhizosphaere und
- Fragen im Zusammenhang mit dem aufsteigenden Saftstrom.

2.1 Phyllosphaere

2.1.1 Nährstoffgehalte der Fichtennadeln

Die chemischen Analysen wurden zwischen 1986 und 1992 durchgeführt (STEFAN 1989, 1991, 1994) und haben zwei Hauptaussagen gebracht:

- Die Bäume weisen einen Mangel oder eine Unterversorgung von mindestens einem Nährelement auf, was bei den gelblich verfärbten Bäumen ausgeprägter war. Besonders hervorzuheben ist, daß vor allem das Nährelement Stickstoff am häufigsten im Bereich der Unterversorgung vorzufinden war. Die ursprüngliche Annahme, daß Magnesiummangel mit den Vergilbungssymptomen korrelieren könnte, wurde nicht bestätigt.
- Die visuell erkennbare Abnahme der Nadelvergilbungen drückte sich - vor allem ab 1990 - in den chemischen Nadelanalysen aus. Diese Dynamik deutet einerseits darauf hin, daß die Witterung einen wesentlichen Faktor für die Symptomausprägung darstellt und daß aber andererseits eine große Sensibilität (oder vielleicht besser Labilität) der Standorte vorliegt.

2.1.2 Schadstoffeinträge aus der Luft

2.1.2.1 Schadstoffgehalte in Fichtennadeln

Das Gleinalmgebiet liegt zwischen zwei seit langem bekannten Immissionsgebieten (Aichfeld und Grazer Becken bzw. Köflacher Raum). Obwohl in beiden Gebieten die Emissionssituation eine drastische Reduktion erfahren hat, mußte man damit rechnen, daß das Gleinalmgebiet eine nennenswerte Belastung aufweist bzw. aufgewiesen hatte. Diese plausible Meinung konnte nicht untermauert werden: Denn es zeigte sich, daß - 1991 und 1992 - noch an rund 16% der Probepunkte eine Überschreitung der natürlichen Grenzwerte für Schwefel zu konstatieren waren, daß aber diese Gehalte weder 1986 noch heute für die beobachteten Symptome verantwortlich sein können.

2.1.2.2 Schadstoffgehalte in der ambienten Luft

Es wurden registrierende und integrierende Messungen (SO_2 , O_3 , NO_x) der Luftbelastung und auch Analysen des Niederschlages durchgeführt (SMIDT 1989; SMIDT & LEITNER 1991).

Es wurden zwar seehöheabhängige Unterschiede und auch gewisse Variationen von Jahr zu Jahr festgestellt, doch blieben sämtliche Werte bei weitem unter dem Niveau, bei dem man einen kausalen Zusammenhang zu den Schadenssymptomen annehmen müßte (obwohl es bei Ozon zu einem maximalen HMW von $132 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{V}$ kam, ist nach den Ergebnissen von WIESER & HAVRANEK (1992) eine Schädigung der Fichte auszuschließen).

Auch die jährlichen Elementeträge konnten keinen Hinweis auf einen direkten kausalen Zusammenhang mit der aktuellen Immissionssituation geben.

Im Zusammenhang mit der Frage des Schadstoffeintrages - früher und jetzt - war es interessant erschienen, verschiedene Schwermetalle und ihre Verteilung in unterschiedlichen Tiefenstufen des Bodens zu analysieren, aber auch diese Untersuchungen erbrachten keinen zwingenden Nachweis für stärkere Einträge, weil die Schwermetallgehalte insgesamt sehr gering waren. Am ehesten könnten noch die Bleigehalte in ihrer Verteilung auf Fernverfrachtung schließen lassen (ENGLISCH 1989).

2.1.3 Krankheiten und Schädlinge

Krankheiten und Schädlinge können imstande sein, das Aussehen der Fichtenkronen (Nadelfarbe und Schütterkeit) beherrschend zu prägen.

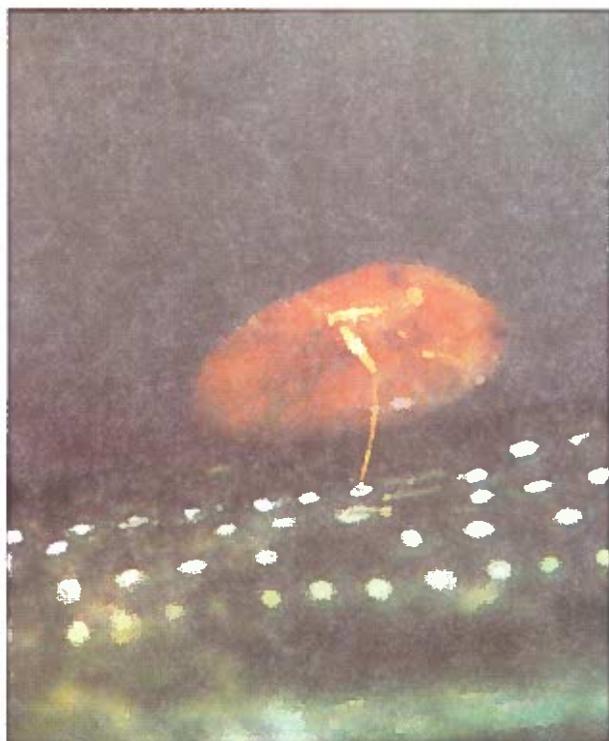
Im Gleinalmgebiet tritt als markantes Symptom in erster Linie eine Gelbverfärbung von Nadeln in Erscheinung. Es überwiegt diese Verfärbung als gleichmäßige Vergilbung - stärker an der Nadeloberseite; je nach Schwere sind alle Nadeljahrgänge betroffen oder nur die älteren. Dieses Krankheitsbild kann sich von Jahr zu Jahr verstärken, um schließlich mit der Bräunung der Nadeln und dem Absterben des Baumes zu enden. Wie schon früher erwähnt worden war (DOMANIKER 1989) ist von



Abb. 1 (oben):
Physokermes sp. ist in Höhenlagen über 1.000 m im Herbst und Frühjahr bei Nacht und hoher Feuchtigkeit zahlreich zu finden.
 (Foto: Th.Cech)

Abb. 2 (links):
Physokermes sp.; abgehoben, um zu zeigen, daß der lange Rüssel durch die Spaltöffnung eingeführt wird.
 (Foto: Th.Cech)

Abb. 3 (rechts):
 Häufige Sprengelung von Fichtennadeln, wahrscheinlich durch saugende Arthropoden verursacht.
 (Foto: S.Pikal)



und variieren auch von Standort zu Standort. Nach allen bisher vorliegenden Ergebnissen hängt dieses Symptom mit der von der Witterung modifizierten Nährelementversorgung zusammen.

Neben diesem weit verbreiteten Symptom fällt im Untersuchungsgebiet aber auch eine Gelb-Sprenkelung auf; diese ist mit steigender Seehöhe - etwa ab 1.000 m häufiger zu beobachten. Die Sprenkelung ist mit zunehmendem Nadelalter stärker; der jüngste Nadeljahrgang zeigt die Symptome erst im späteren Herbst. Gleiche Symptome können an vielen Standorten im Alpenraum beobachtet werden.

Die Untersuchungen zu unterschiedlichen Zeitpunkten haben gezeigt, daß für dieses Phänomen offensichtlich die Larvalstadien von *Physokermes* spp. verantwortlich zu machen sind. Die Larven führen ihren Saugrüssel durch die Spaltöffnungen an der Nadelunterseite ein und saugen von dort aus besonders im gegenüberliegenden Mesophyll, wo sie offenbar mit Hilfe von Anti-Oxidantien das Bräunen der Zellen verhindern (Abb. 1,2,3).

Die Larven saugen bevorzugt während der Nacht oder bei trübem Wetter, meiden also offenbar die für sie gefährliche Einstrahlung und verbergen sich an schattigen Stellen älterer Zweige.

Diese Sprenkelungen haben nichts mit Nährelementmangel oder mit Wirkungen von Luftverunreinigungen zu tun und spielen auch keine Rolle für das Krankheitsgeschehen im Gleinalmgebiet.

Ganz allgemein können Krankheiten und Schädlinge der Nadeln und Triebe als wesentliche Streßfaktoren im Problemgebiet ausgeschlossen werden (CECH 1989).



Selbstverständlich finden sekundäre Schädlinge - wie Borkenkäfer - in einem Gebiet mit zahlreichen kränkelnden Bäumen günstige Voraussetzungen vor und neigen bei entsprechenden Witterungsverhältnissen zur Vermehrung, wodurch der Schadholzfall stark erhöht werden kann. Dies ist in der Mitte der 1980er Jahre geschehen und konnte durch die Sorgfalt des Forstbetriebes wieder unter Kontrolle gebracht werden. Erhöhte Aufmerksamkeit (und Kosten) werden auch künftig nötig sein, um diese Schäden in Grenzen zu halten.

2.2 Rhizosphäre

Im Rahmen der Gleinalmstudie war versucht worden, ein Schwergewicht der Untersuchungen in die Rhizosphäre zu legen. Deshalb waren Arbeiten in diesem Bereich ein besonderes Anliegen. Nach den gegebenen Möglichkeiten konnten hierzu Beiträge über die boden-chemischen Verhältnisse, die Mykorrhizasituation und Wurzelfäulen gewonnen werden.

2.2.1 Mykorrhiza-Untersuchungen

Die Mykorrhiza-Untersuchungen haben zwei wesentliche Ergebnisse erbracht:

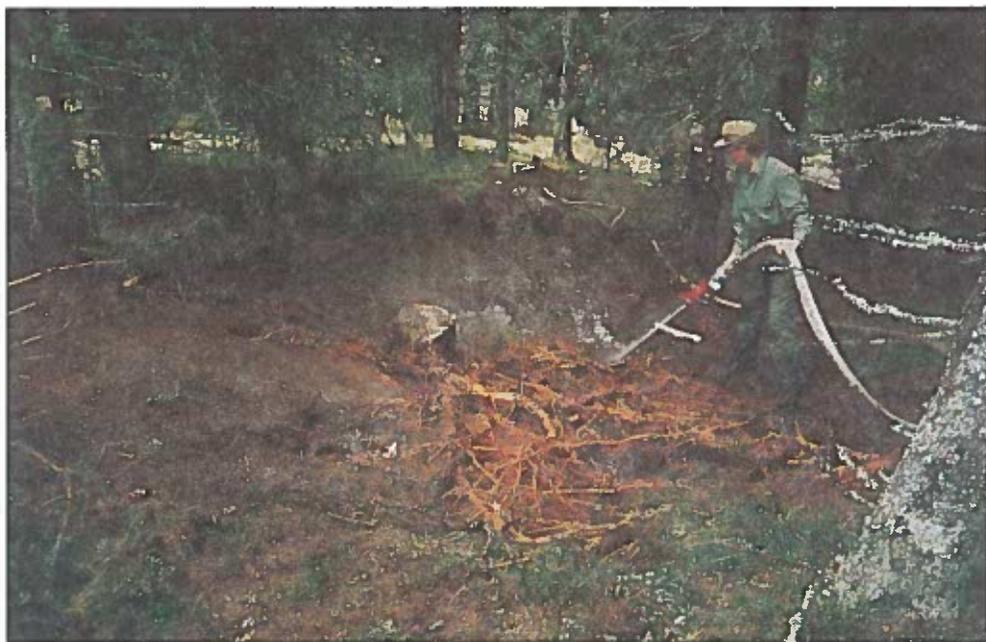
- Die Mykorrhizen der Fichte sind schwerst geschädigt und zeigen Parallelen zu Standorten anderer Voraussetzungen hinsichtlich der Böden und der Schadstoffeinträge. Dies läßt den Schluß zu, daß Ergebnisse von Mykorrhizauntersuchungen - so wie viele andere der unspezifische Ausdruck für Stresssituationen sind, d.h. daß man sie nicht als Indikator für eine bestimmte Stressorengruppe (wie z.B. Schadstoffeinträge) ansehen kann. (GÖBL 1989 a,b, 1990 a,b, 1991, 1994 a,b).
- Die Versuche mit verschiedenen Bodenhilfsstoffen bzw. mit einer Art Mulchung (Streuabdeckung) gaben wertvolle Hinweise auf Möglichkeiten zur Verbesserung der Mykorrhizasituation.

Darüberhinaus wurde entdeckt, daß wirksame Schädiger der Mykorrhizen vorkommen (Nematoden?). Es wird noch durch weitere Untersuchungen zu klären sein, ob diese Fraßschäden mit der Versauerung der oberen Bodenschichten zusammenhängen.

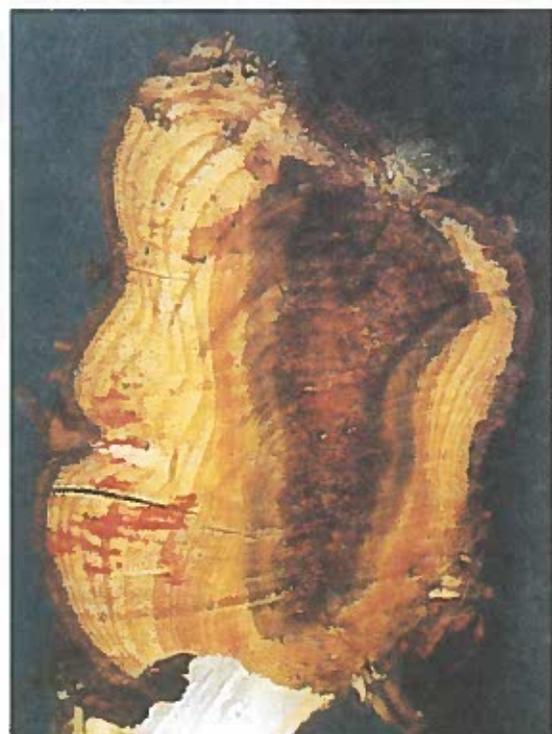
Die Mykorrhiza-Untersuchungen zeigen auf, daß die Nährstoffaufnahme infolge der schlechten Mykorrhizasituation stark beeinträchtigt sein muß. Zumindest zum Teil dürfen daher die zu beobachtenden Krankheitserscheinungen hierauf zurückgeführt werden.

2.2.2 Mechanische Schädigungen und Fäulen im Wurzelkörper

Die Untersuchungen haben gezeigt, daß die sehr oberflächlich streichenden Fichtenwurzeln zahlreiche mechanische Verletzungen aufweisen, die zu einem großen Teil auf Trittschäden durch die ehemalige Beweidung und zu einem geringeren Anteil auch durch



*Abb. 4:
Ausschwemmung von Fichtenwurzeln
zum Studium von Wurzelfäulen im
Bereich Rotmaieralm, Gleinalm.
(Foto: E.Donaubauer)*



*Abb. 5:
Hauptwurzel einer Fichte: Fäule nach
mechanischer Beschädigung auf der
Oberseite.
(Foto: Ch.Tomiczek)*

Die Ausschwemmung von Wurzeln und andere Untersuchungen haben gezeigt, daß diese mechanischen Schäden Ausgangspunkt für Pilzinfektionen sind und es kaum einen älteren Baum geben dürfte, der nicht Wurzelfäule oder Wundfäule im Gefolge von Schälsschäden, Stammfäule aufweist (DONAUBAUER 1989, RÖSSLER 1989, TOMICZEK 1989).

Diese Fäulen bewirken nicht nur eine - hier nicht untersuchte - Reduktion der Wertleistung, sondern haben ohne Zweifel auch physiologische Konsequenzen, das heißt z.B. auch, daß Bestände mit derartigen Vorschädigungen und Krankheiten jedenfalls Schwierigkeiten haben müssen, zusätzlichen Stressen (Trockenperioden oder auch Schadstoffimmissionen) zu widerstehen.

2.2.3 Bodenparameter

Die Böden des Gleinalmgebietes variieren, haben aber einige Gemeinsamkeiten hinsichtlich der niedrigen pH-Werte und ihrer Sensibilität hinsichtlich Trockenheit. Letzteres hängt unter anderem auch damit zusammen, daß die Bestände schon bei geringer Auflichtung zur Vergrasung neigen und durch die Grasdecke eine zusätzliche Konkurrenz geschaffen wird. Die pH-Werte haben vielfache Bedeutung, unter anderem auch hinsichtlich der Mykorrhiza und deren Schädiger (siehe oben).

Das bedeutet insgesamt, daß die künftigen Strategien zur Milderung der vom Boden ausgehenden Stresse beitragen müssen.

Die Schadstoffgehalte der Böden bewegen sich in Bereichen, die so niedrig sind, daß man von ihnen keine Kausalität für das Baum- und Waldsterben ableiten kann. Allerdings weisen die Analysen auf die Möglichkeit von Stressen hin, die aus der Unterversorgung bzw. auch aus dem Mangel einiger Spurenstoffe herrühren könnten.

3. Warum manifestieren sich die Folgen - erst - jetzt?

Im Laufe der späteren 1970er Jahre wurde allmählich bewußt, daß - nicht nur in Österreich und nicht nur im Gleinalmgebiet - das Aussehen von Baumkronen auf eine Streßsituation hinweist.

Es ist eine verständliche Reaktion, derlei Symptome mit der aktuellen Streßsituation in Zusammenhang zu bringen; daß dies trügerisch sein kann, lehrt eine umfangreiche phytopathologische Fachliteratur (CIESLA & DONAUBAUER 1994 bzw. dort zitierte Literatur).

Denn gerade im Zusammenhang mit verschiedenen Baumsterben-Syndromen konnte nachgewiesen werden, daß die Ausprägung der Symptome (die visuell erkennbaren Symptome, wie Schütterkeit der Belaubung, Gelbfärbung, Absterben von Kronenteilen und ganzer Bäume) häufig erst viele Jahre nach dem Eintreten

nicht nur einen geringeren Radialzuwachs als die grünen Bäume auf, sondern es zeigte sich ganz allgemein der Trend einer abfallenden Zuwachsleistung ab Ende der 1950er bzw. seit Anfang der 1960er Jahre. Erst ab Ende der 1970er Jahre (Höhepunkt des Schadholzanfalles 1983) war das Waldsterbensyndrom im Bereich der Gleinalpe registriert worden, das heißt, daß die Symptomausprägung der Minderung des Radialzuwachses um rund zwanzig Jahre nachhinkte.

Die Streßsituation von damals kann heute nur ungenau beschrieben werden:

In der zweiten Hälfte der 1950er Jahre hatte es ein paar ausgeprägte Witterungseinflüsse gegeben: Trockenperioden und vor allem Frostschäden waren damals an Koniferen (Fichte, Lärche, Tanne) beobachtet worden (JAHN & DONAUBAUER 1959). War dies der Beginn des Gleinalm-Syndroms? Nicht unerwähnt sollten wir lassen, daß es damals auch Höhepunkte in der SO_2 -Belastung des Raumes gegeben hatte (DONAUBAUER & STEFAN 1972; PAPESCH 1980; STEFAN 1980); ob damals die hohen Belastungen des Aichfeldes allerdings bis in das Gebiet der Gleinalpe gereicht hatten, läßt sich im nachhinein nicht mehr behaupten beziehungsweise nachweisen.

Die Studien über den Radialzuwachs zeigen aber auch, daß die Bestände recht bald - soweit der Schädigungsgrad noch nicht sehr weit fortgeschritten war - auf günstige Witterung (im besonderen hinsichtlich Niederschlagsverhältnisse) positiv reagiert hatten; selbstverständlich war dies bei den grüner erscheinenden Bäumen stärker ausgeprägt. Dies deutet an, daß die Bestände in ihrem Gesundheitszustand sehr labil sind und nun auf Witterungsunterschiede sehr sensibel reagieren. Kurzfristigen Verbesserungen des visuellen Zustandes sollte man daher eher skeptisch gegenüberstehen.

Die visuell erkennbaren Verbesserungen waren zuerst bei Tanne beobachtet worden (Ende der 1980er/Anfang der 1990er Jahre); die wenigen Zirbenbestände zeigten nie irgendwelche Krankheitssymptome. Dies ist ein Hinweis darauf, daß sich die Zustände in den oberen Bodenschichten für den Flachwurzler Fichte besonders negativ ausgewirkt haben mußten. Leider fehlen - wegen der geringen Repräsentanz der beiden anderen Baumarten - Vergleiche des Zuwachsverlaufes.

4. Der aufsteigende Saftstrom

Eine Serie von Untersuchungen war der Frage gewidmet, ob und inwieweit der aufsteigende Saftstrom Unterschiede zwischen visuell krank aussehenden und scheinbar gesunden Fichten aufzeigt (TOMICZEK 1989, 1990 a,b,c, 1991 a,b, 1994).

Die Studien haben bestätigt, daß Wasser- bzw. Ionentransport in kranken Bäumen stark beeinträchtigt sind. Dies war im großen und ganzen zu erwarten. Ganz besondere Aufmerksamkeit ist aber den chemischen Nährstoffanalysen in verschiedenen Abschnitten - Wurzelholz, Splintholz im Stammbereich und in den Nadeln - zuzuwenden. Denn es zeigte sich, daß der Mangel an manchen Nährstoffen (Kalium

schließen, daß diese Diskrepanz auf die Auswirkungen von Holzfäulen zurückzuführen ist (TOMICZEK 1990).

Diese Ergebnisse relativieren etwaige Schlußfolgerungen aus Bodenanalysen hinsichtlich verfügbarer Nährstoffe beziehungsweise aus chemischen Analysen von Assimilationsorganen. Es verdichten sich die Hinweise darauf, daß die toxischen Auswirkungen von Fäulen innerhalb der Bäume Fernwirkungen hinsichtlich Nährstofftransport besitzen. Bis zu 50 Jahrringe der Fichte können als Splint (also für den aufsteigenden Saftstrom) funktionieren. Durch Fäulen kann diese Anzahl von Jahrringen bereits stark reduziert werden; Trockenperioden können zur Stilllegung weiterer Jahrringe führen und können nicht mehr reaktiviert werden, wenn sich die Wasserversorungsverhältnisse plötzlich bessern. Erholungsphasen müssen daher nicht spontan, das heißt im selben Jahr an der Anzahl von Splintjahrgängen erkennbar werden; schon gar nicht können die mehrjährigen Verluste an Splint-Jahrringen durch wenige Jahre günstiger, feuchter Verhältnisse egalisiert werden.

Die Ergebnisse weisen darauf hin, daß man das Glein-Alm-Syndrom als Spätfolge mehrerer Ursachen betrachten muß, die für den hohen Fäuleprozentsatz - hier vor allem durch Waldweide und Schälsschäden - verantwortlich sind.

5. Ist das Gleinalm-Syndrom eine Folge übermäßiger Beanspruchung?

Die Waldgeschichte (MAJER 1989) des Gleinalmbereiches macht offenbar, daß großräumig bestimmte Nutzungspraktiken über lange Zeit vorgeherrscht haben: vor allem Großkahlschläge, Brandwirtschaft und Waldweide charakterisieren diese exploitative Phase; hinzu kamen die Bestrebungen nach forstlicher "Optimierung" der Baumartenrepräsentanz und der Bestockung (Maximierung des Vorrates). Ab dem Ende der 1950er Jahre kamen die Folgen besonders hoher Wildstände hinzu.

Alle diese Einflüsse zusammen bewirkten großflächig die Eliminierung von Laubgehölzen (Verlust von Buche, Ahorn, Eberesche - aber auch extreme Verarmung an Sträuchern), den weitgehenden Verlust der Tanne und die Verarmung an Bodenvegetation - einerseits durch das Ausdunkeln als Folge dichter gleichaltriger Fichtenbestände und andererseits durch die Übernutzung durch Pflanzenfresser (Weidevieh und Wild).

Dies hat nicht nur die Degradation und Versauerung der Böden gefördert und mußte sich auf die Mykorrhizierung auswirken. Der Rückgang der Vielfalt an Pflanzenarten mag indirekt - durch Reduktion der Antagonisten - die Wurzelfäuleerreger begünstigt haben. Zugleich mußte die Schere zwischen geringerem Äsungsangebot und höheren Wildständen in starken Schäden enden.

Die Gleinalm ist kein Sonderfall hinsichtlich historischer Lasten und heutiger Probleme; man findet viele Analogien etwa im Wechselgebiet Niederösterreichs, im Lun-

6. Welche Sanierungsmaßnahmen kann man ableiten?

Die gegebene Situation ist das Resultat von jahrzehnte- bis jahrhundertelanger Nutzung und Beeinflussung. Es ist daher auszuschließen, daß eine Sanierung kurzfristig greift, doch könnte sie eine Wende einleiten.

Man darf auch nicht außeracht lassen, daß die Witterung offensichtlich die Rolle des Symptomauslösers gespielt hat. Die Labilität der Standorte wird noch lange gegeben sein und kann bei entsprechenden Witterungseinflüssen immer wieder zu Rückschlägen führen, alle Sanierungsmaßnahmen kurzfristig unwirksam erscheinen lassen.

Die Strategien können daher nur langfristig gesehen werden und können aus wirtschaftlichen Gründen gewiß auch nur allmählich umgesetzt werden; folgende Zielrichtungen leiten sich aus den Ergebnissen des Projektes ab:

- Reduktion des Fichtenanteiles und des Altersklassenwaldes
- Zugleich Einbringung größerer Laubwaldhorste
- Anhebung des Zirben-Anteils in den höheren Lagen (wegen der Schneeschimmelfahrer nur in großen Horsten).
- Förderung der Pflanzenvielfalt in der Bodenvegetation und Strauchschicht
- Integrative Wildschadensvorbeugung - im besonderen:
 - Flächen- und Einzelschutz vor Wildverbiß
 - Anlage und Pflege von Wildäsungsflächen, um den Äsungsdruck auf die Waldbestände zu verringern
 - Sorgfältige Wildstandsregulierung
- Vermeidung von Wurzelverletzungen bei Durchforstungen (z.B. Seilbringung)
- Stockbehandlung gegen *Heterobasidion annosum* bei Dickungspflege und Durchforstung
- Wo immer möglich: Maßnahmen zur Förderung der Mykorrhiza und Bodenverbesserung durch Düngemittel, Bodenhilfsstoffe und Mulchung.

Literatur

- CECH, T., 1989: *Trybliidiopycnis pinastri* (Nebenfruchtform von *Trybliidiopsis pinastri* - ein im Gleinalmgebiet an Fichtenstämmen häufiger Mikropilz. Mitt.d.Forstl. Bundesversuchsanstalt Wien, 163/II, 417-422.
- CIESLA, W.M. AND DONAUBAUER, E., 1994: *Decline and dieback of trees and forests - A global overview*. FAO Forestry Paper 120, Rome, 90 S.
- DONAUBAUER, E. U. STEFAN, K., 1972: *Nachweis der Vergrößerung von Immissionswirkungen nach Errichtung eines kalorischen Kraftwerkes*. Mitt.d.Forstl. Bundesversuchsanstalt Wien, 97/I, 151-161.
- DONAUBAUER, E., 1989: *Das Walderkrankungssyndrom im Gleinalmgebiet*. Mitt.d.Forstl. Bundesversuchsanstalt Wien, 163/I, 5-9.
- ENGLISCH, M., 1989: *Schwermetallgehalte in den Böden der Gleinalm*. Mitt.d.Forstl. Bundesversuchsanstalt Wien, 163/II, 405-415.
- GOBL, F., 1989 a: *Mykorrhiza- und Feinwurzeluntersuchungen im Waldschadensgebiet Gleingraben und*

- GOBL, F., 1990 a: *Mykorrhiza- und Feinwurzeluntersuchungen im Waldschadensgebiet Gleingraben und Gleinalpe (Stmk.) III*. Mitt.d.Forstl. Bundesversuchsanstalt Wien, 163/III, 5-31.
- GOBL, F., 1990 b: *Mykorrhiza- und Feinwurzeluntersuchungen im Waldschadensgebiet Gleingraben und Gleinalpe (Stmk.) IV*. Mitt.d.Forstl. Bundesversuchsanstalt Wien, 163/III, 33-38.
- GOBL, F., 1991: *Mykorrhiza- und Feinwurzeluntersuchungen im Waldschadensgebiet Gleingraben und Gleinalpe (Stmk.) V*. Mitt.d.Forstl. Bundesversuchsanstalt Wien, 163/4, 31-49.
- GOBL, F., 1994 a: *Mykorrhiza- und Feinwurzeluntersuchungen im Waldschadensgebiet Gleingraben und Gleinalpe (Steiermark) VI. Einfluß von Düngung, Bodenhilfstoffen und Streuzufuhr auf Mykorrhiza- und Feinwurzelschäden, 1991*. Mitt.d.Forstl. Bundesversuchsanstalt Wien, 163/5.
- GOBL, F., 1994 b: *Mykorrhiza- und Feinwurzeluntersuchungen im Waldschadensgebiet Gleingraben und Gleinalpe (Steiermark) VII. Einfluß einiger Gesteinsmehle und Dünger auf das Mycelwachstum von Mykorrhizapilzen und anderer Pilzarten. Ein Labortest als Ergänzung zu Freilandversuchen*. Mitt.d.Forstl. Bundesversuchsanstalt Wien, 163/5.
- JAHN, E. u. DONAUBAUER, E., 1959: *Über ein Lärchen- und Fichtensterben in Österreich*. Anzeiger f. Schädlingskunde, Berlin, 32. Jg., Heft 6, 81-87.
- MAJER, CH., 1989: *Zu Klima, Geologie und Waldgeschichte des Waldschadensgebietes Gleinalm. Hinweise auf anthropogene Einwirkungen auf den Boden*. Mitt.d.Forstl. Bundesversuchsanstalt Wien, 163/I, 11-31.
- PAPESCH, E., 1980: *Die Immissionsituation in der Region Aichfeld-Murboden*. Mitt.d.Forstl. Bundesversuchsanstalt Wien, 131, 195-198.
- RÖSSLER, G., 1989: *Versuch Gleinalm (809). Vergleichende Zuwachsuntersuchung bei vergilbten und gesunden Fichten*. Mitt.d.Forstl. Bundesversuchsanstalt Wien, 163/II, 385-404.
- RÖSSLER, G., 1994: *Zuwachskundliche Untersuchung über den Einfluß von Düngung und Kronenzustand auf das Zuwachsverhalten von Fichten im Gleingraben*. Mitt.d.Forstl. Bundesversuchsanstalt Wien, 163/5.
- SMIDT, ST., 1989: *Immissionsmessungen im Gleinalmgebiet*. Mitt.d.Forstl. Bundesversuchsanstalt Wien, 163/II, 225-263.
- SMIDT, ST. u. LEFTNER, J., 1991: *Immissionsmessungen im Gleinalmgebiet*. Mitt.d.Forstl. Bundesversuchsanstalt Wien, 163/4, 51-64.
- STEFAN, K., 1980: *Ergebnisse von Luftanalysen (SO₂-Stichprobenmessungen) im westlichen Teil des Aichfeldes (Steiermark) in den Jahren 1977 und 1979*. Mitt.d.Forstl. Bundesversuchsanstalt Wien, 131, 199-205.
- STEFAN, K., 1989: *Ergebnisse chemischer Nadelanalysen im Untersuchungsgebiet Glein*. Mitt.d.Forstl. Bundesversuchsanstalt Wien, 1963/II, 289-339.
- STEFAN, K., 1991: *Zur Nährelementversorgung der Fichtennadeln von gedüngten und ungedüngten Bäumen im Gleinalmgebiet*. Mitt.d.Forstl. Bundesversuchsanstalt Wien, 163/4, 65-140.
- STEFAN, K., 1994: *Schwefel- und Nährstoffversorgung der Fichtennadeln im Gleinalm-Gebiet*. Mitt.d.Forstl. Bundesversuchsanstalt Wien, 163/5.
- TOMICZEK, CH., 1989: *Leitfähigkeit, Ast- und Nadelbiometrie von Fichten im Schadensgebiet Gleinalpe*. Mitt.d.Forstl. Bundesversuchsanstalt Wien, 163/II, 357-384.
- TOMICZEK CH., 1990 a: *Forstpathologische Erhebungen im Gebiet der Glein (I). Wurzel- und Stammfäuleuntersuchungen an Fichten*. Mitt.d.Forstl. Bundesversuchsanstalt Wien, 163/III, 39-57.
- TOMICZEK CH., 1990 b: *Forstpathologische Erhebungen im Gebiet der Glein (II). Bestimmung des Wassergehaltes im Holz unterschiedlich vitaler Fichten und Zusammenhänge mit der elektrischen Leitfähigkeit im Splint*. Mitt.d.Forstl. Bundesversuchsanstalt Wien, 163/III, 59-70.
- TOMICZEK CH., 1990 c: *Forstpathologische Erhebungen im Gebiet der Glein (III). Wurzel- und Stammfäulen - eine mögliche Ursache von Nährelementmangel in Fichtennadeln*. Mitt.d.Forstl. Bundesversuchsanstalt Wien, 163/III, 71-97.
- TOMICZEK, CH., 1991 a: *Forstpathologische Erhebungen im Gebiet der Glein (IV). Die Abhängigkeit der elektrischen Widerstandsmessung im Splintholz lebender Bäume von äußeren Faktoren*. Mitt.d.Forstl. Bundesversuchsanstalt Wien, 163/4, 141-171.

- TOMICZEK, CH., 1994: *Schlußfolgerungen aus den forstpathologischen Untersuchungen in der Gleinalpe*. Mitt.d.Forstl. Bundesversuchsanstalt Wien, 163/5.
- WIESER G. U. HAVRANEK, W.M., 1992: *Die Ozonaufnahme in der Sonnen- und Schattenkrone von Fichten. Ein Beitrag zur Quantifizierung der physiologischen Wirksamkeit der Ozonkonzentration der Luft*. FBVA-Berichte, Forstl. Bundesversuchsanstalt Wien, 67, 95-103.

Autor: Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr. Edwin Donaubaue
Forstliche Bundesversuchsanstalt
Institut für Forstschutz
Seckendorff-Gudent Weg 8
A-1131 Wien

Mitteilungen der Forstlichen Bundesversuchsanstalt Wien

			Preis in ÖS
1983	Nr. 148	HOLZSCHUH, CAROLUS: Bemerkenswerte Käferfunde in Österreich. III. (81 Seiten)	100.—
1983	Nr. 149	SCHMUTZENHOFER, HEINRICH: Eine Massenvermehrung des Rotköpfigen Tannentriebwicklers (Zeiraphera rufimitrana H.S.) im Alpenvorland (nahe Salzburg). (39 Seiten)	150.—
1983	Nr. 150	SMIDT, STEFAN: Untersuchungen über das Auftreten von Sauren Niederschlägen in Österreich. (88 Seiten)	150.—
1983	Nr. 151	Forst- und Jagdgeschichte Mitteleuropas. Referate der IUFRO-Fachgruppe S6.07-00 Forstgeschichte, Tagung in Wien vom 20.-24. September 1982. (134 Seiten)	150.—
1983	Nr. 152	STERBA, HUBERT: Die Funktionsschemata der Sortentafeln für Fichte in Österreich. (63 Seiten)	100.—
1984	Nr. 153	Beiträge zur Wildbacherosions- und Lawinenforschung (5). IUFRO-Fachgruppe S1.04-00. Vorbeugung und Kontrolle von Wildbacherosion, Hochwässer und Muren, Schneeschäden und Lawinen. (224 Seiten)	250.—
1985	Nr. 154/I	Österreichische Forstinventur 1971-1980. Zehnjahresergebnis. (Seite 1-216)	220.—
1985	Nr. 154/II	Österreichische Forstinventur 1971-1980. Inventurgespräch. (Seite 219-319)	100.—
1985	Nr. 155	BRAUN, RUDOLF: Über die Bringungslage und den Werbungsaufwand im österreichischen Wald. (243 Seiten)	vergriffen
1985	Nr. 156	Beiträge zur Wildbacherosions- und Lawinenforschung (6). IUFRO-Fachgruppe S1.04-00 (Wildbäche, Schnee und Lawinen). Vorbeugung und Kontrolle von Wildbacherosion, Hochwässer und Muren, Schneeschäden und Lawinen. (247 Seiten)	vergriffen
1986	Nr. 157	Zweites österreichisches Symposium Fernerkundung. Veranstaltet von der Arbeitsgruppe Fernerkundung der Österreichischen Gesellschaft für Sonnenenergie und Weltraumfragen (ASSA), 2.-4. Oktober 1985 in Wien. (220 Seiten)	250.—
1987	Nr. 158/I	MERWALD, INGO E.: Untersuchung und Beurteilung von Bauweisen der Wildbach- verbauung in ihrer Auswirkung auf die Fischpopulation. (Seite 1-196)	250.—
1987	Nr. 158/II	MERWALD, INGO E.: Untersuchung und Beurteilung von Bauweisen der Wildbach- verbauung in ihrer Auswirkung auf die Fischpopulation. (Seite 196-364)	250.—
1988	Nr. 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. (410 Seiten)	420.—
1988	Nr. 160	MÜLLER, FERDINAND: Entwicklung von Fichtensämlingen (<i>Picea abies</i> (L.) Karst.) in	

1988	Nr. 161	KRONFELLNER-KRAUS, GOTTFRIED; NEUWINGER, IRMENTRAUD; RUF, GERHARD; SCHAFFHAUSER, HORST: Über die Einschätzung von Wildbächen - Der Dürnbach. (264 Seiten)	300.—
1988	Nr. 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. (172 Seiten)	180.—
1989	163 /I	Zum Waldsterben im Gleinalmgebiet. (Seite 1-224)	300.—
1989	163 /II	Zum Waldsterben im Gleinalmgebiet. (Seite 225-422)	300.—
1990	163 /III	Zum Waldsterben im Gleinalmgebiet. (98 Seiten)	180.—
1990	164 /I	KILLIAN, HERBERT: Der Kampf gegen Wildbäche und Lawinen im Spannungsfeld von Zentralismus und Föderalismus. Historische Grundlagen. (167 Seiten)	180.—
1990	164 /II	KILLIAN, HERBERT: Der Kampf gegen Wildbäche und Lawinen im Spannungsfeld von Zentralismus und Föderalismus. Das Gesetz. (183 Seiten)	190.—
1990	164 /III/2	KILLIAN, HERBERT: Der Kampf gegen Wildbäche und Lawinen im Spannungsfeld von Zentralismus und Föderalismus. Die Organisation. (211 Seiten)	220.—
1990	164 /III/2	KILLIAN, HERBERT: Der Kampf gegen Wildbäche und Lawinen im Spannungsfeld von Zentralismus und Föderalismus. Die Organisation. (133 Seiten)	140.—
1990	164 /IV/1	KILLIAN HERBERT: Dokumente und Materialien zur Geschichte der Wildbach- und Lawinenverbauung in Österreich. Teil 1. (184 Seiten)	190.—
1990	164 /IV/2	KILLIAN HERBERT: Dokumente und Materialien zur Geschichte der Wildbach- und Lawinenverbauung in Österreich. Teil 2. (118 Seiten)	120.—
1990	165	KARRER, GERHARD; KILIAN, WALTER: Standorte und Waldgesellschaften im Leithagebirge. Revier Sommerein. Mit einem waldbaulichen Beitrag von Kriszl, Wolfgang; Müller, Ferdinand. (245 Seiten)	265.—
1991	163 /IV	Zum Waldsterben im Gleinalmgebiet. (190 Seiten)	230.—
1991	166	Zusammenfassende Darstellung der Waldzustandsinventur. (265 Seiten)	300.—
1991	167 /I	STROHSCHNEIDER, ILSE: Mittelfristige Veränderungen des Bodenzustandes auf Exaktdüngungs- versuchsflächen der FBVA. I. Teil: Unbehandelte Parzellen. (200 Seiten)	200.—
1992	167 /II	STROHSCHNEIDER, ILSE: Mittelfristige Veränderungen des Bodenzustandes auf Exaktdüngungs- versuchsflächen der FBVA. II. Teil: Gedüngte Parzellen und Vergleich gedüngter mit unbehandelten Parzellen. (111 Seiten)	115.—
1992	168	Österreichische Waldboden-Zustandsinventur.	



MITTEILUNGEN

Nr. 163/5 - 1995

DER FORSTLICHEN BUNDESVERSUCHSANSTALT WIEN

Zum Waldsterben im Gleinalmgebiet (V)

*Forest decline in the
Gleinalm area (V)*

F. GÖBL, G. RÖSSLER, K. STEFAN,
CH. TOMICZEK, E. DONAUBAUER



Das Lebensministerium

ISSN 0374-9037

Copyright 1995 by
Forstliche Bundesversuchsanstalt

Für den Inhalt Verantwortlich :
Direktor HR Dipl. Ing. Friedrich Ruhm

Herstellung und Druck :
Forstliche Bundesversuchsanstalt
Waldforschungszentrum
Seckendorff-Gudent-Weg 8
A-1131 Wien

Anschrift für Tauschverkehr :
Forstliche Bundesversuchsanstalt
Bibliothek
Seckendorff-Gudent-Weg 8
A-1131 Wien
Tel. + 43-1- 878 38 216
Fax + 43-1- 877 59 07

Nachdruck mit Quellenangabe gestattet

Inhaltsverzeichnis

5. Band

GÖBL, F.:

Mykorrhiza- und Feinwurzeluntersuchungen im Waldschadensgebiet Gleingraben und Gleinalpe (Steiermark)

VI. Einfluß von Düngung, Bodenhilfsstoffen und Streuzufuhr auf Mykorrhiza- und Feinwurzelschäden, 1991..... 5

VII. Einfluß einiger Gesteinsmehle und Dünger auf das Mycelwachstum von Mykorrhizapilzen und anderer Pilzarten
Ein Labortest als Ergänzung zu Freilandversuchen..... 11

RÖSSLER, G.:

Zuwachskundliche Untersuchung über den Einfluß von Düngung und Kronenzustand auf das Zuwachsverhalten von Fichten im Gleingraben..... 19

STEFAN, K.:

Schwefel- und Nährstoffversorgung der Fichtennadeln im Gleinalm-Gebiet..... 53

TOMICZEK, CH.:

Schlußfolgerungen aus den forstpathologischen Untersuchungen in der Gleinalpe.....127

DONAUBAUER, E.:

Das Walderkrankungssyndrom im Gleinalmgebiet - Synopse der Ergebnisse.....131

Contents

Vol. 5

GÖBL, F.:

Investigation of Mykorrhizae and Fine Roots of the Forest
Damage Areas of Gleingraben und Gleinalpe (Styria)

VI. Influence of fertilization, mineral fertilizers, and litter on
mykorrhiza and fine Root damage, 1991 5

VII. Influence of various mineral powders and fertilizers on
the mycel growth of mykorrhizae and other fungal species.
A laboratory test complementing in-the-field experiments 11

RÖSSLER, G.:

Increment of Norway spruce as influenced by fertilization and
crown condition 19

STEFAN, K.:

Supply of spruce needles with sulfur and nutrients in the
Gleinalm area..... 53

TOMICZEK, CH.:

Conclusions from Forest Pathological Investigations in the
Gleinalm area.....127

DONAUBAUER, E.:

The Forest Decline Syndrome in the Gleinalm Area -
Synopsis of Results.....131

Mykorrhiza- und Feinwurzeluntersuchungen im Waldschadensgebiet Gleingraben und Gleinalpe (Stmk.)

VI. Einfluß von Düngung, Bodenhilfsstoffen und Streuzufuhr auf Mykorrhiza- und Feinwurzelschäden, 1991

FRIEDERIKE GÖBL

Institut für Forstökologie, Forstliche Bundesversuchsanstalt

Kurzfassung: Der Einfluß verschiedener Bodenverbesserungsmaßnahmen auf Mykorrhiza- und Feinwurzelschäden wird durch Vitalitätsbewertung beschrieben. Die Einflüsse von Mineraldüngern und natürlichen Hilfsstoffen (Streuzufuhr) werden verglichen.

Schlüsselworte: Mykorrhizaschäden, Bodenverbesserung, *Picea abies*

Abstract: [Investigation of Mykorrhizae and Fine Roots of the Forest Damage Areas of Gleingraben und Gleinalpe (Styria). VI. Influence of fertilization, mineral fertilizers, and litter on mykorrhiza and fine root damage, 1991.] The influence of various soil improvement measures on mykorrhiza and fine root damage is characterized by means of vitality evaluation. The influences of mineral fertilizers and natural aids (litter) are compared.

Keywords: Mykorrhiza damage, soil improvement, *Picea abies*

1. Problemstellung

Im Gleingraben wurden ab 1986 verschiedene Versuche mit Düngern und Bodenhilfsstoffen angelegt, um auf den sichtbaren Schädigungsverlauf - Kronenvergilbung und rasches Absterben der Bäume - zumindest temporär positiv einzuwirken (KILIAN 1989).

1986 wurden Untersuchungen im Wurzelraum begonnen und schwere Schäden an Mykorrhizen und Feinwurzeln festgestellt, die in den Folgejahren keine Verbesserung erkennen ließen. Es handelt sich um Fraßschäden, die einer derzeit weitgehend unbekannt Population von Schadorganismen zugeordnet werden (GÖBL 1989, a,b) und in Beständen aller Altersklassen flächendeckend auftreten.

2. Die Probeflächen

Nach KILIAN (1989) kam eine Vielfalt von Düngemitteln, Dosierungen und Applikationsformen zur Anwendung, die in der Folge durch zahlreiche Bodenverbesserungsmittel ergänzt wurden (Aufstellung der Forstverwaltung R.Hatschek im Jahre 1990). Probeflächen für die vergleichende Untersuchung von Mykorrhiza- und Feinwurzelschäden wurden nach folgenden Kriterien ausgewählt:

- Bestände mittleren Alters mit dichter, gleichmäßiger Bestockung und dementsprechender Durchwurzelung. Unterschiede, die durch unregelmäßigen Kronenschluß oder unterschiedliche Altersklassen bedingt sind, können somit ausgeschlossen werden.
- Bestände mit den für das Waldschadensgebiet Gleingraben typischen Nadelvergilbungen, beziehungsweise absterbenden Bäumen, sowie typischen Mykorrhiza- und Feinwurzelschäden, auch auf angrenzenden Flächen.
- Deutliche Begrenzung der behandelten Parzellen, sodaß angrenzende Vergleichsflächen mit entsprechender Ausgangssituation verfügbar sind. Laufzeit der Behandlung zumindest waren zwei Vegetationsperioden, um eine momentane Wirkung auszuschließen und die Nachhaltigkeit prüfen zu können.

Flächen, die diesen Anforderungen entsprachen, waren nur in sehr geringer Anzahl vorhanden. Sie lagen durchwegs im Bereich von kleinflächigen Versuchen, die mit mineralischen Düngern und mit Bodenhilfsstoffen von Hand angelegt waren (Tabelle 1).

Eine Beurteilung der Nährelementsituation auf der Basis von chemischen Nadelanalysen erbrachte nach STEFAN (1991) für kleinflächig angelegte Bodendüngungsver-

Tabelle 1: Versuchspartellen für die Bestimmung der Vitalität von Feinwurzeln und Mykorrhizen

Art der Düngung oder Behandlung	Jahr der Anlage	Waldort - Abteilung	Anzahl der Proben (Kontrollproben in Klammer)	
A Mineralische Dünger 1) 600 Nitramoncal 200 Patentkali kg/ha 2) zusätzlich 1000 kohlenaurer Kalk kg/ha	1987	Weißbach - H - 10 - a	20	(10)
	1987	Weißbach - H - 10 - a,b	10	(10)
B Bodenhilfsstoffe * Zeolith, 2 t/ha und Kalksteinmehl, 2 t/ha	1988	Stadlmair - H - 8 - a	10	(5)
	1988	Hexenkreuzung - H - 9 - f1	10	(5)
C Reisigabdeckung flächendeckend oder kleinflächig nach Durchforstung	1988	Weißbach - H - 10 - a	5	(5)
		Stadlmair - H - 8 - a	5	(5)
		Lenzmair - H - 6 - e	5	(5)

suche bessere Resultate im Vergleich zu großflächig vorgenommenen aviotechnischen Düngungen.

Trotz sorgfältiger Wahl der Flächen waren gewisse standörtliche Unterschiede zwischen den Parzellen "Weißenbach", beziehungsweise "Hexenkreuzung" und "Stadlmair" vorgegeben. Sie sind aus der Vitalitätsbestimmung der Kontrollproben (Tabelle 2) ersichtlich und stimmen mit den Ergebnissen einer Zustandserhebung aus dem Jahr 1987 überein (GÖBL 1989, b).

3. Methode

Im August 1991 wurden insgesamt 120 große Stichproben (Bodenziegel von 25 cm Seitenlänge) aus verschiedenen behandelten Flächen, sowie aus Kontrollflächen entnommen. Sie waren - entsprechend den vorausgegangenen Untersuchungen im Gleingraben - auf gut durchwurzelte und ungestörte Auflagehorizonte beschränkt. In Flächen mit Reisigabdeckung erfolgte die Probenahme nach Entfernung der losen Nadelstreu. Die Abstände zwischen den Einzelproben innerhalb einer Probefläche betragen in der Regel 5 Meter.

Bei sehr deutlicher Begrenzung, zum Beispiel bei Zeolith- oder Kalksteinmehlpzellen, wurde der Abstand der Kontrollproben fallweise auf 1 Meter verringert, um standörtliche Unterschiede weitgehend auszuschließen.

Die Bearbeitung der Proben erfolgte nach bereits beschriebenen Methoden. Die Abschätzung der Vitalität der Feinwurzeln und Mykorrhizen wurde dementsprechend nach 6 Vitalitätsklassen vorgenommen, um die entsprechenden Abstufungen zwischen guter Entwicklung und völliger Zerstörung zu erfassen (GÖBL 1989, a,b, 1993).

Für Vergleiche wurden ausschließlich Ergebnisse von Proben mit vergleichbaren Entnahmetermeninen herangezogen und somit waren saisonale Unterschiede nicht zu berücksichtigen.

4. Ergebnisse

Die Vitalität von Feinwurzeln und Mykorrhizen war in der Behandlungsvariante "mineralische Düngung" (A_1 und A_2) schlecht bis sehr schlecht. Vergleiche mit ungedüngten Kontrollparzellen erbrachten 4 Jahre nach Applikation der Düngemittel keinen erkennbaren Unterschied.

In der Behandlungsvariante "Bodenhilfsstoffe" hatte Zeolith (B_1) keine Veränderung der Vitalität gegenüber der Kontrolle bewirkt, während Kalksteinmehl (B_2) eine deutliche Verschiebung zu besseren Vitalitätswerten erbrachte.

Tabelle 2: Verteilung der Vitalitätsklassen von Feinwurzeln und Mykorrhizen für verschieden behandelte Versuchspartellen. (Mittelwerte in Prozent, Werte für Kontrollproben in Klammer)

Art der Düngung oder Behandlung	Verteilung der Vitalitätsklassen					
	I Sehr gut	II gut	III mäßig	IV schlecht	V sehr schlecht	VI tot
A Mineralische Dünger						
1) 600 Nitramoncal 200 Patentkali kg/ha				60 (50)	40 (50)	
2) zusätzlich 1000 kohlen-saurer Kalk kg/ha				50 (50)	50 (50)	
B Bodenhilfsstoffe						
Zeolith, 2 t/ha				20 (20)	80 (80)	
Kalksteinmehl, 2 t/ha			20	40 (20)	40 (80)	
C Reisigabdeckung						
flächendeckend oder klein- flächig nach Durchforstung		10	70	30 (20)	(80)	

Tabelle 3: Verteilung der Vitalitätsklassen von Feinwurzeln und Mykorrhizen für alle Proben aus behandelten, unbehandelten und mit Reisig abgedeckten Parzellen (Mittelwerte in Prozent)

Anzahl der Behandlung	Anzahl der Proben	Verteilung der Vitalitätsklassen					
		I Sehr gut	II gut	III mäßig	IV schlecht	V sehr schlecht	VI tot
unbehandelte Kontrollen	50				40	60	
Mineralische Dünger und Bodenhilfsstoffe	50			4	46	50	
Reisigabdeckung	20		10	70	20		

1990). Es wurde angenommen, daß durch die Feinheit der Partikel die Aktivität der Schadorganismen eingeschränkt wird. Allerdings wurde eine Tendenz zu schlechterem Mykorrhizabesatz festgestellt.

In der Behandlungsvariante "Reisigabdeckung" war die Vitalität der Feinwurzeln mit "gut" bis "mäßig" auffallend besser als in allen Varianten, die mit Düngern oder Bodenhilfsstoffen behandelt waren.

Nur in dieser Variante waren Merkmale, die für die Charakteristik der Wuchsform von Feinwurzeln (Verzweigung, Ausbildung und Häufigkeit von Wurzelspitzen und andere) und von Mykorrhizen wichtig sind (Verzweigung, Typenvielfalt, abstrahlendes Mycel und andere), dominant. In allen Flächen mit anderen Behandlungsvarianten oder in den Kontrollflächen wurden solche Merkmale durch den Merkmalskomplex Fraßschäden überlagert.

Im Vergleich zur Kontrolle (unbehandelt) sind die Vitalitätsklassen von Feinwurzeln und Mykorrhizen



Abbildung 1: Wurzelentwicklung in unbehandeltem Boden, Stadlmairwald, 20. August 1991.

Abbildung 2: Wurzelentwicklung 2 Jahre nach Aufbringen von Fichtenzweigen, Stadlmairwald, 20. August 1991. Der Abstand zwischen den beiden Testparzellen beträgt 40 cm.



Im Bereich der Parzelle "Stadlmair" wurden im August 1989 Kleinparzellen mit Abdeckung von Fichtenästen angelegt; im August 1991 wurde die angefallene Fichtentreu entfernt und die neugebildeten Wurzeln freigelegt.

Abbildung 1 zeigt die Wurzelentwicklung im Auflagehorizont der unbehandelten Parzelle, für deren Bereich 1989 der Anteil zerstörter Mykorrhizen 87 % vom Gesamtmykorrhizabesatz betrug (GÖBL 1990).

Abbildung 2 zeigt die Wurzelentwicklung, die unter einer 20 cm hohen Schicht von Fichtenzweigen stattgefunden hat. Die Entfernung zwischen den beiden Kleinparzellen betrug 40 cm.

Die Ergebnisse deuten darauf hin, daß in Beständen mit flächendeckender Schädigung von Feinwurzeln und Mykorrhizen, also der nährstoffaufnehmenden Organe, die Aufnahme, Speicherung und Verteilung zugeführter Nährstoffe unvorhergesehenen Veränderungen unterliegen können. In vielen Fällen werden sie vermindert oder auch wirkungslos bleiben.

Kenntnisse der Verhältnisse im Wurzelraum können bei Einsatz von Düngern wesentliche Hinweise über deren Verwertbarkeit erbringen.

5. Zusammenfassung

In einigen Versuchspartzen wurde 4, bzw. zwei Jahre nach Applikation von mineralischen Düngern und von Gesteinsmehlen die Intensität der Fraßschäden an Feinwurzeln und Mykorrhizen untersucht. Sie wurde durch Abschätzung der Vitalität charakterisiert.

Mineralische Düngung und das Gesteinsmehl Zeolith haben keine Unterschiede gegenüber den Kontrollflächen erbracht.

In Proben, die unter Reisigabdeckung entnommen wurden, war die Vitalität besser einzustufen als in anders behandelten Parzellen. Es wird angenommen, daß bei flächendeckenden Schädigungen der Mykorrhizen die Aufnahme, Speicherung und Verteilung von zugeführten Nährstoffen nicht gewährleistet ist.

Literatur

- GÖBL, F. 1989 a: *Mykorrhiza- und Feinwurzeluntersuchungen im Waldschadensgebiet Gleingraben und Gleinalpe (Steiermark). I.* Mitt.d.Forstl. Bundesversuchsanstalt Wien, 163/I, 171-195.
- GÖBL, F. 1989 b: *Mykorrhiza- und Feinwurzeluntersuchungen im Waldschadensgebiet Gleingraben und Gleinalpe (Steiermark). II.* Mitt.d.Forstl. Bundesversuchsanstalt Wien, 163/II, 197-220.
- GÖBL, F., 1990: *Mykorrhiza- und Feinwurzeluntersuchungen im Waldschadensgebiet Gleingraben und Gleinalpe (Stmk.). III.* Mitt.d.Forstl. Bundesversuchsanstalt Wien, 163/III, 5-31.
- GÖBL, F., 1993: *Mykorrhiza- und Feinwurzeluntersuchungen in Fichtenbeständen des Böhmerwaldes.* Österr. Forstzeitung, FBVA Informationsdienst, 253. Folge, 35-38.
- KILLIAN, W. 1989: *Diagnostische Düngungsversuche im Gleinalmgebiet.* Mitt.d.Forstl. Bundesversuchsan-

Mykorrhiza- und Feinwurzeluntersuchungen im Waldschadensgebiet Gleingraben und Gleinalpe (Stmk.)

VII. Einfluß einiger Gesteinsmehle und Dünger auf das Mycel- wachstum von Mykorrhizapilzen und anderer Pilzarten - Ein Labortest als Ergänzung zu Freilandversuchen

FRIEDERIKE GOBL

Institut für Forstökologie, Forstliche Bundesversuchsanstalt

Kurzfassung: Das Wachstum verschiedener Pilzarten im Waldschadensgebiet wurde in Laborversuchen getestet; mehrere Arten von Gesteinsmehlen und Düngern wurden zugegeben. Die Ergebnisse wurden mit denen der Freilandversuche verglichen. Besprochen wird, ob bzw. in welcher Weise sich das Spektrum der Pilzarten ändern kann.

Schlüsselworte: Gesteinsmehl, Dünger, Mycelwachstum

Abstract: [Investigation of Mykorrhizae and Fine Roots of the Forest Damage Areas of Gleingraben and Gleinalpe (Styria). VII. Influence of various mineral powders and fertilizers on the mycel growth of mykorrhizae and other fungal species. A laboratory test complementing in-the-field experiements.]. The growth of various fungal species of the forest damage area was tested *in vitro*; various sorts of mineral powders and fertilizers were added. The results were compared with those from field experiments. It is discussed whether and in which ways the spectrum of fungal species might change.

Keywords: Mineral powder, fertilizer, mycel growth

1. Einleitung

In geschädigten Beständen des Gleingrabens wurden in den Jahren 1987 und 1988 verschiedene Bodenhilfsstoffe und Dünger für kleinflächige Testversuche eingesetzt (GOBL 1990). In erster Linie sollten diese Substanzen auf ihre Eignung zur Verminderung der extrem starken Fraßschäden an Feinwurzeln und Mykorrhizen geprüft werden und erst in weiterer Folge auf eventuelle Verbesserungen des Bodenzustandes. Die Wirkung von Bodenverbesserungsmaßnahmen auf die Artenzusammensetzung

Labor (GÖBL 1984, 1993) kurzfristig Hinweise über den Einfluß von unterschiedlichen Steinmehlen und Düngern auf das Wuchsverhalten von Mykorrhizapilzen und streubesiedelnden Pilzen zu erhalten und mögliche Veränderungen der Konkurrenz-kraft einzelner Pilzarten aufzuzeigen.

Die Testreihen wurden mit Mycelkulturen von Pilzarten durchgeführt, die im Gleingraben gesammelt wurden, beziehungsweise verbreitet sind. TOMICZEK (1990) hat ein häufiges Vorkommen von "Fäule" in Wurzeln und Stämmen vergilbter Bäume festgestellt und die Beteiligung von *Heterobasidion annosum* nachgewiesen. Ein Stamm dieser parasitischen Pilzart wurde in den Test miteinbezogen, ebenso ein Stamm von *Armillariella*.

2. Material und Methode

Substrate für Pilzmycelanzucht

Agarnährböden: Standardnährboden MOSER b; 20 ml/Petrischale.

- Nadelstreu (Fichte, Al - Af - Horizonte): von verschiedenen Standorten des Gleingraben/Stmk., sowie eines Vergleichsstandortes Klausboden/Pitztal, Tirol; 50 ml/Petrischale, Wassergehalt ca. 70 - 80 %.
- Floratorf, Handelsware: 50 ml/Petrischale, ca. 70 - 80 % Wassergehalt.

Testsubstrate

- Gesteinsmehle: Kalksteinmehl extrem feiner Körnung, Zeolith (Analysendaten GÖBL 1990), Dolomitmehl, Folin (1), Basaltmehl (12), Biolith (13), Bentonit (15) (Nummern entsprechen Analysendaten in SNOEK & WULFRAT 1983, Tab. 7).
- Dünger, Handelsware: Biovin, Biosol, Blaukorn.
- Kompost: stickstoffreiche Variante auf Rindenbasis (Analysendaten GÖBL 1993).

Aufwandmengen

Zusätze zu Nadelstreu und Torf entsprachen mit 2g/100 cm² (Blaukorn 25 %) annähernd gebräuchlichen Aufwandmengen für Bestandesdüngung. Die Zusatzmenge für Agarnährböden wurde für Biolith mit *Macrolepiota procera* als Indikatorpilz ausgetestet und mit 1 g/Liter festgelegt. Diese Menge verursachte keine Hemmung des Mycelwachstums. Die Kombination 1 G Biolith/ *Macrolepiota procera* wurde bei Wiederholungen von Testreihen als Standard verwendet.

Prüfmethode

Die Anzucht der insgesamt 13 Testpilze, beziehungsweise Pilzstämmen (Kultursammlung Abteilung Bodenbiologie, Imst), erfolgte auf Standardnährboden. Für alle Testreihen wurden Mycelstücke von 5 mm Seitenlänge aus den Randzonen 3 Wochen alter Kulturen jeweils in die Mitte einer Petrischale platziert

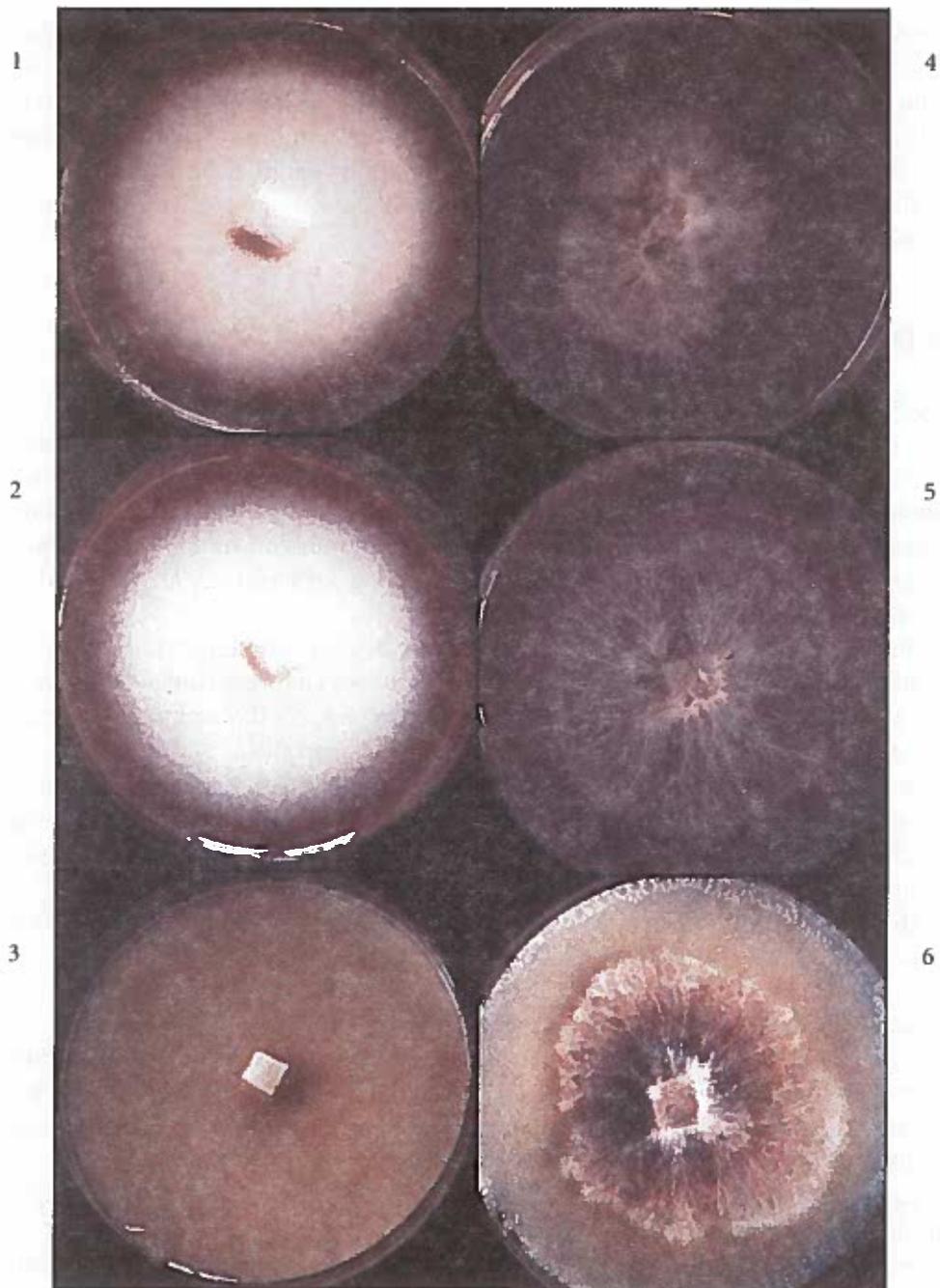


Abbildung 1: Wuchsverhalten von Mykorrhizapilz und Streubesiedler

Bestimmung des Mycelzuwachses von Mykorrhiza-, sowie streubesiedelnden Pilzen wurde auf allen Substraten durch die Myceldurchmesser 21 Tage alter Kulturen charakterisiert. Für die schnellwüchsigen Schadpilze wurde die Versuchsdauer reduziert.

Die Biomasse von *Armillariella* wurde durch Bestimmung von Gewicht und Länge der Rhizomorphen ermittelt und durch sorgfältige Präparierarbeit ermöglicht.

Alle Angaben des vorliegenden Berichtes beziehen sich auf mehrere Testreihen, zumindest auf 5fache Wiederholungen.

3. Ergebnisse

Wuchsverhalten der Testpilze auf Agarnährböden

Am Beispiel von Testreihen mit der Steinmehlsorte Biolith und dem Tresterprodukt Biovin (Tabelle 1) wird deutlich, daß Steinmehl das Mycelwachstum von Mykorrhizapilzen schwach fördert, beziehungsweise schwach hemmt. Es war kein auffallender Unterschied in bezug auf Pilzgattungen zu erkennen, während verschiedene Stämme einer Pilzart (*Boletus edulis*, *Amanita rubescens*) mit unterschiedlichem Wuchsverhalten reagiert haben.

Diese Humuskomponente von Biovin bewirkt bei bestimmten Mykorrhizapilzen (*Lactarius deterrimus*) und bei streubesiedelnden Pilzen eine Förderung (GÖBL 1984), bei den getesteten Schadpilzen eine deutliche Förderung. Für die letztgenannte Gruppe ist eine entsprechende Reaktion auch aus Tabelle 2 ersichtlich.

Die Mykorrhizapilze reagierten auf Zusätze von Basaltmehl, Zeolith und Bentonit ähnlich wie auf Biolith, während Kalksteinmehl, Dolomitmehl und Folin durchwegs Wachstumshemmung bewirkten. Die streubesiedelnden Pilzarten reagierten vorwiegend mit Wachstumsförderung.

Abbildung 1 zeigt entsprechende Beispiele für das Wuchsverhalten von *Amanita rubescens* und *Macrolepiota procera*.

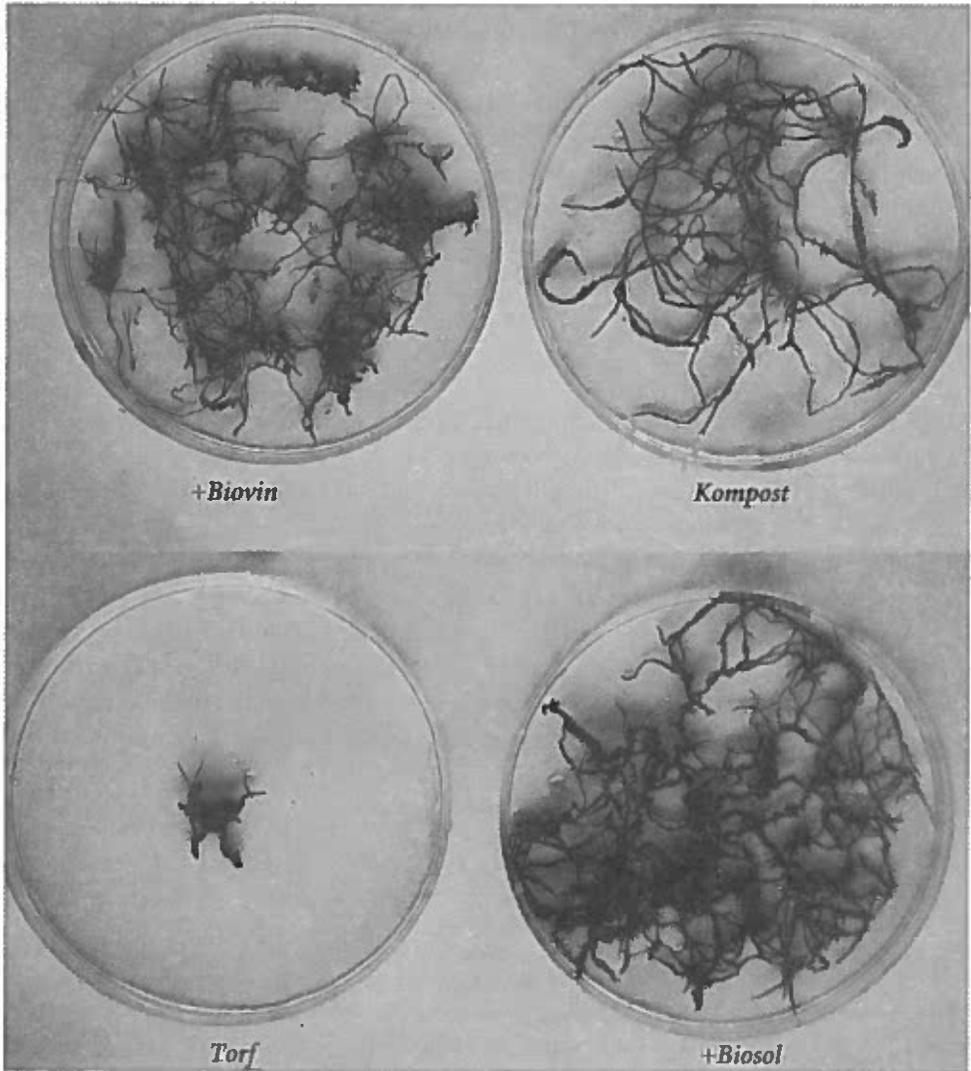
Wuchsverhalten der Testpilze auf Nadelstreu und Torf

Mykorrhizapilze zeigen auf Nadelstreu ähnliche Reaktionen wie auf Agarnährböden (Tabelle 3), allgemein aber langsames Wachstum. Biolith, Basaltmehl, Zeolith und Bentonit bewirkten eine mäßige Wachstumsförderung, während Folin und Kalksteinmehl auch auf diesem Substrat eine Hemmung induzierten.

Tabelle 4 zeigt das Wuchsverhalten von *Heterobasidion* auf Nadelstreu und Torf mit ähnlichen Ergebnissen wie auf Agarnährböden. Der parasitische Pilz reagiert auf organische Zusätze mit raschem Wachstum, auf Biolith indifferent und auf Blaukorn mit einer Hemmung.

Armillariella hat auf verschiedene Testsubstrate mit sehr unterschiedlicher Modifikation

Abbildung 2: Modifikation der Wuchsform von *Armillariella spec.* auf Torf bei verschiedenen Zusätzen
Versuchsdauer 10 Wochen



Vergleich von Labortest mit Freilandversuchen

In einigen Fällen konnten Ergebnisse des Labortests mit denen von Freilandversuchen verglichen werden. Es zeigten sich deutliche Parallelen.

Zusätze von Kalksteinmehl zu Agarnährböden oder Nadelstreusubstrat haben das Wachstum von Mykorrhizapilzen auffallend gehemmt.

von B. H. (1980) ...

Für Zeolith und Bentonit war in keinem Fall eine Hemmwirkung festzustellen.

Am Beispiel von Biovin wird gezeigt, daß Humuskomponenten organischer Dünger das Mycelwachstum bestimmter Mykorrhizapilze begünstigen. Die Förderung der Mykorrhizabildung im Freiland wurde unter anderem bei Anwendung in Pflanzgärten (GÖBL 1989) nachgewiesen.

Die Förderung von streubesiedelnden Pilzen, beziehungsweise die starke Förderung parasitischer Pilzarten durch organische Dünger, wurde im Freiland bisher nicht überprüft.

Nach bisherigen Ergebnissen ist der rasch durchführbare Test geeignet, mögliche Wirkungen bestimmter Substrate auf symbiotische, streubesiedelnde und holzzerstörende Pilze abzuschätzen.

4. Zusammenfassung

Der Einfluß verschiedener Steinmehle und Dünger auf das Mycelwachstum von Pilzarten, die im Gleingraben häufig vorkommen, wurde sowohl auf Agarnährböden als auch auf Nadelstreu geprüft. Mykorrhizapilze reagierten auf die meisten Steinmehlsorten mit leichter Förderung oder leichter Hemmung, auf Kalksteinmehl mit deutlicher Hemmung. Streubesiedelnde Pilze erfuhren im allgemeinen eine mäßige bis gute Wachstumsförderung. Der getestete Schadpilz *Heterobasidion*, sowie ein Stamm von *Armillariella* reagierten auf organische Dünger mit auffallender Förderung. Bisher konnten für einige Substrate Parallelen zwischen Labortest und Versuchen im Freiland aufgezeigt werden. Demnach kann der Test zur Abschätzung von Veränderungen des Pilzartenspektrums durch Meliorationsmaßnahmen herangezogen werden.

Literatur

- DEVEVRE, O., ROEBERT, M.F. UND GARBAYE, J., 1993: *Erste Resultate über den Effekt von Kalkung auf die Pilzpopulation (Saprophyten) im Ah-Horizont eines Fichtenwaldbodens in Frankreich (Vogesen)*. Forstw. Cbl. 112, 101-107.
- GÖBL, F., 1984: *Eignung von Traubentresterkomposten für die Anzucht von Mykorrhizapilzen und von Forstpflanzen*. Allgemeine Forstzeitung, Informationsdienst der Forstl. Bundesversuchsanstalt, 222. Folge.
- GÖBL, F., 1989: *Biologische Forstpflanzenanzucht*. Österreichische Forstzeitung, 12.
- GÖBL, F., 1990: *Mykorrhiza- und Feinwurzeluntersuchungen im Waldschadensgebiet Gleingraben und Gleinalpe (Stmk.)*. III. Mitt. d. Forstl. Bundesversuchsanstalt Wien, 163/III, 5-31.
- GÖBL, F., 1993: *Biologische Eignungsprüfung für Containersubstrate*. Österreichische Forstzeitung, 2, 16-17.
- KATTNER, D., 1992: *Langzeitwirkung einer Calciumdüngung auf die Besiedlung von Fichtenwurzeln durch Mikropilze*. Allg. Forst- u. Jagdzeitung, 163 Jg., 7/8, 138-142.
- SNOEK, H. U. WÜLFRAAT, H., 1983: *Das Buch vom Steinmehl*. Orak-Pietsch-Verlag, Wien.
- TOMICZEK, CH., 1990: *Forstpathologische Erhebungen im Gebiet der Glein. Wurzel- und Stammsfäuleuntersuchungen an Fichten*. Mitt. d. Forstl. Bundesversuchsanstalt Wien, 163/III, 39-57.

Tabelle 1:

Wuchsverhalten einiger Testpilze auf Agrarnährböden bei Zusatz von Biolith und Biovin

Testpilze	Biolith	Biovin	Biolith + Biovin
<i>Xerocomus badius</i> *	1	1 - 2	1
<i>Xerocomus chrysenteron</i> *	1	1	1 - 2
<i>Boletus edulis</i> 1*	0 - 1	1	1
<i>Boletus edulis</i> 2*	1	1	1
<i>Paxillus involutus</i> *	1 - 2	1 - 2	2
<i>Lepista nuda</i> +	1	2	2
<i>Laccaria laccata</i> *	1	1 - 2	2
<i>Amanita rubescens</i> 1*	0 - 1	2	2
<i>Amanita rubescens</i> 2*	1 - 2	1	2
<i>Macrolepiota procera</i> +	1	2	2
<i>Lactarius deterrimus</i> *	0 - 1	2	1
<i>Armillariella spec.</i> °	1	3	3
<i>Heterobasidion annosum</i> °	1 - 2	3	3

*Mykorrhizapilz, +Streubesiedler, °Schadpilz

Beurteilung der Wachstumsbeeinflussung gegenüber Standardnährböden:

3 - starke Förderung

2 - mäßige Förderung

1 - keine Förderung

0 - Hemmung

Tabelle 2:

Wuchsverhalten von *Heterobasidion annosum* und von *Armillariella* auf Agrarnährböden bei Zusatz von Biolith und Biovin

Testpilze (Versuchsdauer)	Kontrolle	Myceldurchmesser in mm	
		+ Biolith	+ Biovin
<i>Heterobasidion</i> (6 Tage)	47	46	72
<i>Armillariella</i> (12 Tage)	20	18	65

Tabelle 3:

Wuchsverhalten von Mykorrhizapilzen auf Nadelstreu (Gleingraben) bei Zusatz verschiedener Testsubstrate

Versuchsdauer 21 Tage Testsubstrat	Myceldurchmesser in mm		
	<i>Boletus edulis</i>	<i>Amanita rubescens</i>	<i>Laccaria laccata</i>
Kontrolle	20	30	35
Biovin	38	35	50
Biolith	18	25	30
Zeolith	25	30	40
Basaltmehl	28	30	35
Bentonit	25	30	40
Folin	-	-	-
Kalksteinmehl	12	12	20

Tabelle 4:

Wuchsverhalten von *Heterobasidion annosum* auf Nadelstreu verschiedener Standorte und auf Torf organischer und anorganischer Testsubstrate

Versuchsdauer 6 Tage Substrat	Myceldurchmesser in mm				
	Kontrolle	+Biovin	+Biosol	+Biolith	+Blaukorn
Nadelstreu					
Gleingraben	45	68	68	55	09
Nadelstreu					
Klausboden	50	88	88	55	08
Torf	47	82	84	53	09

Tabelle 5:

Wuchsverhalten von *Armillariella spec.* auf Torf und bei Zusätzen von Steinmehl, anorganischen und organischen Düngern; Mittelwerte für Gewichte und Längen der Rhizomorphen

Substrat	Versuchsdauer 10 Wochen	
	Trockengewicht (g)	Länge (mm)
Torf	0,0051	100
+Biolith	0,0085	n.b.
+Blaukorn	0,0068	n.b.
+Biovin	0 0440	2317

Einfluß von Düngung und Kronenzustand auf das Zuwachsverhalten von Fichten

GÜNTER RÖSSLER

Institut für Waldwachstum und Betriebswirtschaft, Forstliche Bundesversuchsanstalt

Kurzfassung: Der Einfluß von Nadelverlust und Düngung auf das Wachstum von Fichten wurde an insgesamt 205 Bäumen untersucht, wobei sowohl Stamm- als auch Bohrkernanalysen durchgeführt wurden. Es konnte festgestellt werden, daß die Düngung bei jüngeren Bäumen bis zu einem Alter von ungefähr 60 Jahren eine Zuwachssteigerung hervorgerufen hatte. Bei älteren Bäumen waren jedoch keine positiven Zuwachsreaktionen erkennbar. Deutliche Unterschiede in der Zuwachsleistung hat der Vergleich von Bäumen mit unterschiedlichem Nadelverlust ergeben. Bäume mit stark verlichteten Kronen zeigen deutliche Zuwachsrückgänge, bei Bäumen mit schwach verlichteten Kronen waren jedoch keine Zuwachsreaktionen nachweisbar. Es konnte festgestellt werden, daß ab einem Nadelverlust von 30% eindeutige Zuwachsrückgänge auftreten.

Schlüsselworte: Fichte, Stammzuwachs, Nadelverlust, Düngung, Kronenzustand

Abstract: [Increment of Norway spruce as influenced by fertilization and crown condition.] Influence of needle loss and fertilization on increment of Norway spruce was investigated by stem- and core analysis at 205 trees.

Increased growth rates due to fertilization were observed for immature individuals younger than sixty years. Older trees had no positive growth reaction. Significant differences of increment rates were found comparing trees with different crown conditions. Trees with needle losses greater than 30 % showed decreasing increment rates. Between trees with slightly and not defoliated crowns there were no differences.

Keywords: Norway spruce, bole increment, needle loss, fertilization, crown condition

1. Einleitung und Zielsetzung

Die zuwachskundliche Untersuchung nimmt im Rahmen der Waldwachstumsforschung und im speziellen der Waldschadenserfassung eine zentrale Rolle ein. Die Beurteilung des Zuwachsverlaufes läßt Rückschlüsse zu, ob und mit welcher Intensität ein Baum sowohl auf negative als auch positive Einflußfaktoren durch erhöhte

Ernährungssituation der Bäume zu verbessern. Im Bereich des Gleinalmgebietes wurde durch umfangreiche Düngungsmaßnahmen ebenfalls versucht, den Gesundheitszustand der Bäume zu verbessern. Vorrangiges Ziel dieser Düngungsversuche war nicht das Erreichen einer Zuwachssteigerung, sondern in erster Linie eine Verbesserung der Vitalität der geschädigten Bäume. Da jedoch zwischen Gesundheitszustand und Zuwachsverhalten eines Baumes ein enger Zusammenhang besteht, wird im Rahmen dieser Arbeit untersucht, ob und in welchem Ausmaß unterschiedliche Zuwachsreaktionen bei gedüngten und ungedüngten Bäumen feststellbar sind.

Weiters sollen Bäume mit unterschiedlichen Kronenzustandsformen hinsichtlich einer Beziehung zwischen Nadelverlust und Zuwachsrückgang untersucht werden. Es soll ein Beitrag zur Beantwortung der Frage geleistet werden, ab welcher Benadelungsdichte Zuwachsdepressionen auftreten können.

2. Lage der Probeflächen

Die Bereiche für die Fällung von Analysebäumen und der Werbung von Bohrkernen waren großteils durch bereits bestehende Dauerbeobachtungsflächen vorgegeben. Es handelt sich um Probeflächen, die 1986 eingerichtet wurden, um die Veränderungen des Kronenzustandes in- und außerhalb von Düngebereichen zu untersuchen (Probeflächen 3,4,8,9,10,11,13,14,15,16). Um das Zuwachsverhalten an jungen Beständen zu untersuchen, wurden noch weitere 7 Bereiche in ungefähr 50jährigen Fichtenbeständen festgelegt, wo ebenfalls sowohl Stammscheiben als auch Bohrkern genommen wurden (Probeflächen 17 bis 23).

Es stand daher Probenmaterial aus dem Bereich von insgesamt 17 Probeflächen (10 nördlich und 7 südlich des Gleingrabens) zur Verfügung, wobei sich 10 Probeflächen innerhalb und 7 Probeflächen außerhalb der gedüngten Gebiete befinden. Die genaue Lage der einzelnen Probeflächen ist in Abbildung 1 dargestellt.

3. Standort- Bestandesdaten der Probeflächen

	Probefläche: 3	Probefläche: 4	Probefläche: 8	Probefläche: 9
Seehöhe(m)	1500	1320	1280	1200
Exposition	SO	S	N	N
Hangneigung(%)	55	20	60	45
Geländeform	Mittelhang	Mittelhang	Mittelhang	Mittelhang
Bodentyp	Braunerde	Braunerde	Braunerde	Braunerde
Baumart	10 Fi	9 Fi, 1 Lä	10 Fi	9 Fi, 1 Lä
Mittleres Alter	124	90	80	80
Oberhöhe(m-gerundet)	22	33	22	27

Seehöhe(m)	Probefläche: 10 1280	Probefläche: 11 1350	Probefläche: 13 1280	Probefläche: 14 1170
Exposition	NO	NO	NW	NO
Hangneigung(%)	45	50	45	50
Geländeform	Mittelhang	Mittelhang	Mittelhang	Mittelhang
Bodentyp	Braunerde	Braunerde	Braunerde	Braunerde
Baumart	8 Fi, 2 Lä	9 Fi, 1 Lä	8 Fi, 2 Lä	10 Fi
Mittleres Alter	130	130	92	108
Oberhöhe(m-gerundet)	40	40	25	38
Schlußgrad	locker	locker	locker	geschlossen
Grundfläche(m ²)	49	43	43	56
Wasserhaushalt	mäßig frisch	mäßig frisch	mäßig frisch	mäßig frisch
Vegetation	Vergrasung	Vergrasung	Vergrasung	Sauerklee
Seehöhe(m)	Probefläche: 15 1200	Probefläche: 16 1340	Probefläche: 17,18,19,20 1280	
Exposition	NW	S	O	
Hangneigung(%)	20	40	60	
Geländeform	Mittelhang	Mittelhang	Mittelhang	
Bodentyp	Braunerde	Braunerde	Braunerde	
Baumart	9 Fi, 1 Lä	8 Fi, 2 Lä	10 Fi	
Mittleres Alter	93	106	50	
Oberhöhe(m-gerundet)	33	32	17	
Schlußgrad	locker	locker	locker	
Grundfläche(m ²)	45	52	31	
Wasserhaushalt	mäßig frisch	mäßig frisch	mäßig frisch	
Vegetation	Vergrasung	Vergrasung	Vergrasung	
Seehöhe(m)	Probefläche: 23 1060	Probefläche: 21,22 1080		
Exposition	eben	NW		
Hangneigung(%)	0	70		
Geländeform	Mittelhang	Mittelhang		
Bodentyp	Braunerde	Braunerde		
Baumart	10 Fi	10 Fi		
Mittleres Alter	58	52		
Oberhöhe(m-gerundet)	28	22		
Schlußgrad	locker	geschlossen		
Grundfläche(m ²)	47	41		
Wasserhaushalt	frisch	frisch		
Vegetation	AHD	AHD		

4. Düngungszeitpunkt und Düngungsvarianten

Probefläche 3:	1986	50l/ha Wuxal	Probefläche 18:	1989	4150 kg/ha Biomag-RK + Bactosol 2:1
Probefläche 4:		keine Düngung	Probefläche 19:	1989	6250 kg/ha Biomag-KR
Probefläche 8:		keine Düngung	Probefläche 20:		keine Düngung
Probefläche 9:	1986	100l/ha Wuxal	Probefläche 21:	1986	600 kg/ha Nitramoncal 200 kg/ha Patentkali 1000 kg/ha Kohlensaurer Kalk
Probefläche 10:	1986	50l/ha Wuxal			
Probefläche 11:		keine Düngung			
Probefläche 13:		keine Düngung			
Probefläche 14:	1986	50l/ha Wuxal			

5. Methodik

5.1 Methodik der Aufnahme

Auf den 17 Probeflächen wurden insgesamt 80 Probebäume gefällt. Maßgebliche Kriterien für die Eignung als Probebaum waren:

- keine Randbäume,
- soziale Stellung (herrschend oder vorherrschend),
- keine Beeinflussung durch Entfernung eines Konkurrenten,
- keine mechanischen Verletzungen,
- keine einseitigen Kronenformen,
- keine Ersatzwipfelbildung.

Ergänzend zur Stammscheibenwerbung wurden noch an 125, gemäß den vorhin erwähnten Kriterien ausgewählten Bäumen 2 Bohrkerne je Baum gezogen.

Es wurde versucht, die Auswahl der Probebäume derart zu gestalten, daß die Kronenzustandsform der Probebäume einem repräsentativen Querschnitt des jeweiligen Bestandes im Bereich der einzelnen Probeflächen entspricht.

Aus den Analysestämmen wurden durchschnittlich 8 bis 10 Stammscheiben gewonnen, wobei die erste Scheibe zwingend in Brusthöhe, die restlichen Scheiben je nach Ausformung sowie im Wipfelbereich in Meterabständen entnommen wurden. An den gefällten Analysebäumen erfolgte eine Vermessung des Stammes hinsichtlich Abschnittshöhen der Stammscheiben, Kronenansatz, Kronenlänge, Baumlänge sowie die Aufnahme von biotischen und abiotischen Schädigungen. Am 3., 7., 11. und 20. Quirl wurden die mittleren Benadelungsprozente erhoben.

Die Erhebung der Einzelbaummerkmale (soziale Stellung, Schäden, BHD, Höhe, Kronenradien, Kronenzustand) sowohl für die Bohrkernprobebäume als auch der Konkurrenten der Probebäume erfolgte im Zuge der Lagekartierung der Analysebäume.

5.2 Methodik der Auswertung

Nach Vorbereitung und Messung der Stammscheiben und Bohrkerne wurde die Referenzprüfung (Prüfung auf fehlende Jahrringe) durchgeführt. Bäume mit sehr unregelmäßigen Jahrringbreitenserien sowie mit eindeutigen Lichtungseffekten im Zuwachsverlauf wurden vor Durchführung der einzelnen Berechnungen ausgeschieden, weil erstens eine sinnvolle Berechnung durch die angewandte Methodik nicht möglich wäre und zweitens käme es durch Miteinbeziehung dieser Meßserien zu Verzerrungen der Ergebnisse. Aus den vorhin erwähnten Gründen mußten die Meßserien von 8 Bäumen ausgeschieden werden. 1 Baum war entfallen und daher nicht meßbar, von 2

Die Berechnungen im Rahmen dieser Untersuchung umfassen sowohl die Radialzuwachsleistung in Brusthöhe als auch den Höhen- und Volumenzuwachs, wobei jedoch zu beachten ist, daß jährliche Höhen- und Volumenzuwachsberechnungen nur an Bäumen durchgeführt werden konnten, bei denen Stammscheiben gewonnen wurden. Bei den Beurteilungen des jährlichen Radialzuwachses in Brusthöhe wurden sowohl die Messungen der BHD-Scheiben als auch die Messungen der Bohrkerne verwendet.

Aus diesem Grund ergab sich somit eine unterschiedliche Anzahl von Probestämmen, die bei der Mittelbildung der einzelbaumweisen Berechnungen innerhalb einer Probestfläche einerseits für den Volumenzuwachs und andererseits für den Radialzuwachs in Brusthöhe zusammengefaßt wurden.

Unter Berücksichtigung dieses Unterschiedes müssen daher die Ergebnisse der mittleren Radial- und Volumenzuwachsentwicklung der Probestämme einer Probestfläche bewertet werden.

Um die Vergleichbarkeit der Zuwächse zwischen Probestämmen unterschiedlicher Probestflächen sinnvoll zu ermöglichen, wurden die einzelnen Zuwachsserien durch einen regressionsanalytischen Ausgleich definiert, wobei bei den älteren Probestämmen der Beginn des Berechnungszeitraumes mit dem Jahre 1935 festgesetzt wurde (Probestflächen 3, 4, 8, 9, 10, 11, 13, 14, 15, 16). Bei den Probestämmen der Probestflächen 17 bis 23 konnte mit der Berechnung der Regressionskoeffizienten aufgrund des geringen Alters erst mit dem Jahre 1960 begonnen werden. Im Falle der im Jahre 1986 gedüngten Probestämme wurde der Untersuchungszeitraum mit der Periode 1986 bis 1991 festgelegt. Das bedeutet, daß die Ausgleichskurve bis zum Jahre 1985 berechnet und durch Extrapolation in den Ausgleichszeitraum hinein verlängert wurde (Extrapolationsmethode). Nach dieser Methode erfolgte auch die Berechnung bei den ungedüngten Probestämmen, um einen direkten Vergleich zu ermöglichen. Bei den Probestämmen der Probestflächen 17 bis 20 (Düngung 1989) endet der Berechnungszeitraum im Jahre 1988 und der Untersuchungszeitraum erstreckt sich von 1989 bis 1991.

Bei der Definition der Jahrringbreitenserien kam der Funktionstyp $\ln y = a + b \cdot \ln x$, beim Ausgleich des jährlichen Volumenzuwachses die Funktion $y = a + b/x$ zur Anwendung ($y =$ jährlicher Zuwachs, $x =$ Kalenderjahr).

Die Verhältniszahl von gemessenen zu den durch Regression berechneten Werten wird durch den Jahrring- oder Volumenindex ausgedrückt. Werden diese Indices von unterschiedlich beeinflussten Bäumen miteinander verglichen, so erhält man durch diese sogenannte "doppelte Indexbildung" den relativen Index, der als direktes Maß für einen unterschiedlichen Wachstumstrend innerhalb des vorgegebenen Untersuchungszeitraumes angesehen werden kann.

Weiters wurde noch ein Periodenvergleich der Radial-, Höhen- und Volumenzuwachsleistung durchgeführt. Es wurden die mittleren jährlichen Zuwächse innerhalb

stellt, um auch anhand dieser Methodik mögliche Trendabweichungen des Zuwachsverhaltens erkennen zu können.

Die Beurteilung des Zuwachsverlaufes der Probestämme mit unterschiedlicher Benaufungsdichte erfolgte ebenfalls anhand eines Vergleiches der berechneten Indices. Das Ende des Berechnungszeitraumes wurde mit 1985 festgelegt, weil bei einem Großteil der Probestämme mit deutlichen Kronenverlichtungserscheinungen ab dem Jahr 1986 Zuwachsreaktionen erkennbar waren.

6. Ergebnisse

6.1 Ertragskundliche Kenndaten

Die Berechnung der mittleren Kenndaten der Probestämme bezieht sich auf das Jahr 1991.

Auffallend sind die teilweise großen Unterschiede der H/D-Werte. Vor allem die Probestämme in den jungen Beständen weisen in einem Alter von 50 Jahren H/D-Werte bis 97 auf. Auch bei den 93jährigen Probestämmen im Bereich der Probestfläche 15 liegt der H/D-Wert mit 93 sehr hoch. Interessant erscheint auch der Vergleich der mittleren Kenndaten der Probestämme auf den direkt vergleichbaren Probestflächen 8 und 9. Es treten beim Brusthöhendurchmesser Unterschiede von 6,6 cm, in der Baumhöhe von 4,8 m und im durchschnittlichen Baumvolumen von 0,57 Vfm o.R. auf. Die Formzahl zeigt ebenfalls im Vergleich der einzelnen Probestflächen eine große Streuung. Der tiefste mittlere Wert der einzelnen Probestämme tritt bei den 130jährigen Bäumen auf der Probestfläche 11 mit einem Betrag von 0,384 auf. Der höchste mittlere Formzahlwert liegt bei 0,488 (Probestfläche 20).

Die mittleren ertragskundlichen Kenndaten der Analysebäume sind in Tabelle 1, die mittlere jährliche Zuwachsleistung (Radial, Höhe, Volumen) für zwei 6jährige Perioden in Tabelle 2 zusammengefaßt.

6.2 Höhenentwicklung

Der mittlere jährliche Höhenzuwachs der einzelnen Probestflächen schwankt in der Periode 1986-1991 zwischen 5 und 45 cm (Tabelle 2).

Es wurde versucht die mittlere Höhenentwicklung der Probestämme der einzelnen Probestflächen mit Ertragstafelangaben zu vergleichen, wobei die Ertragstafel "Fichte-Bruck/Mur" herangezogen wurde. Es hat sich gezeigt, daß in den meisten Fällen die Ertragstafelwerte dem tatsächlichen Verlauf der Höhenentwicklung nicht entsprechen

steiler, als dies aufgrund der Ertragstafelwerte zu erwarten wäre (Abbildung 2a - q). Dieser von der Ertragstafel abweichende Höhenwachstumsgang bewirkt eine laufende Bonitätsänderung. Es kommt teilweise zu Bonitätsveränderungen über mehrere Stufen. Die Probestämme der Probestfläche 23 weisen im Alter 20 eine Bonität von 8 auf und liegen im Alter 60 bei einer Bonitätsstufe von 13. Auch bei älteren Beständen ist diese Entwicklung erkennbar. Beträgt etwa bei den Probestämmen der Probestfläche 11 die Bonität bei einem Alter von 20 Jahren 7, so steigt sie im Alter 120 auf 12,8. Einen weiteren markanten Bonitätsanstieg zeigen die Bäume der Probestfläche 4, die innerhalb von 60 Jahren einen Anstieg von 7 auf 11 aufweisen. Die Bonitätsveränderungen sind in Abbildung 3 am Beispiel von 7 Probestflächen dargestellt.

6.3 Einfluß der Düngung

Im Periodenvergleich der Zuwächse 1986-1991 gegenüber der Periode 1980-1985 (1986 gedüngte Probestämme) und 1989-1991 zu 1986-1988 (Düngung 1989) wurden die Zuwachsleistungen der letzten Periode (in % zur Vorperiode) den Zuwächsen von ungedüngten Probestämmen vergleichbarer Probestflächen gegenübergestellt und infolge der Unterschiede in der Zuwachsentwicklung in Form von relativen Indices ausgedrückt (Tabelle 3).

Eindeutig erkennbare Zuwachsrückgänge in der Periode 1986-1991 im Vergleich zu den ungedüngten Probestämmen sind im Bereich der Probestfläche 3 erkennbar, die sowohl im Radialzuwachs in Brusthöhe, im Volumenzuwachs sowie im Höhenzuwachs auftreten. Eine wesentliche Zuwachssteigerung zeigen die Bäume auf der Probestfläche 9, die im Radialzuwachs eine Erhöhung der Zuwachsleistung um 45% und in der Volumenzuwachsleistung um 37 % erkennen lassen.

Eine erhöhte Zuwachsleistung zeigen auch die 50jährigen Probestämme der Probestfläche 18 im Zeitraum von 1989 bis 1991 sowohl im Radial- als auch Volumenzuwachs. Sie liegt zwischen 24 % und 33 %. Die Zusammenfassung aller im Jahre 1986 gedüngten Probestämme ergibt für den Zeitraum 1986-1991 einen mittleren relativen Jahrringindex von 106,0 %, einen mittleren relativen Volumenindex von 102,5 % und einen Höhenindex von 105,9 %.

Die mittleren relativen Indices, der im Jahre 1989 gedüngten Probestämme liegen bei 115,8 % (Jahrringindex), 111,6 % (Volumenindex) und 126,0 % (Höhenindex).

Gesamt gesehen kann festgestellt werden, daß mittels dieser Methodik eindeutige Zuwachssteigerungen bei gemeinsamer Berücksichtigung sowohl des Radialzuwachses in Brusthöhe als auch des Volumenzuwachses nur im Bereich von 2 Probestflächen (Probestfläche 9 und 18) erkennbar waren.

Die Berechnung der Jahrring- und Volumenindices durch Extrapolation zeigt auf

des Untersuchungszeitraumes von 1986 bis 1991. Den höchsten Jahrringindex mit 130,5 % erreichten die Probestämme der Probestfläche 9, die höchsten Volumenindices liegen bei 117,9 % (Probestfläche 11 - 1986 gedüngt) und bei 119,2 % (Probestfläche 18 - 1989 gedüngt).

Auffallend sind die tiefen Jahresindices der Probestflächen 15, 20 und 23, wobei die Volumenindices der Probestämme dieser Probestflächen etwa der erwarteten Zuwachsleistung entsprechen. Das bedeutet, daß die Probestämme, an denen Bohrkernproben gezogen wurden, im Gegensatz zu den Probestämmen, an denen Stammanalysen durchgeführt wurden, in den letzten Jahren einen Zuwachsrückgang aufweisen und es daher zu den vorliegenden Unterschieden zwischen Jahrring- und Volumenindices kommt (Tabelle 4, Abbildung 4).

Diese Differenzen beeinflussen folglich auch die Berechnung der relativen Indices beim Vergleich von gedüngten und ungedüngten Probestämmen. Besonders deutlich tritt dies bei den mittleren relativen Indices der Probestämme auf den Probestflächen 17, 18, 19 sowie 21 und 22 auf (Tabelle 5). Im Mittel beträgt die Höhe der relativen Jahrringindices der Probestflächen 17, 18 und 19 142,8 %, wobei der relative Volumenindex bei 103,5 % liegt. Bei Betrachtung der Indices innerhalb des Untersuchungszeitraumes 1989-1991 ist erkennbar, daß auf allen 3 Probestflächen die Radialzuwachsleistung in den letzten beiden Jahren im Vergleich zu den ungedüngten Probestämmen der Probestfläche 20 ansteigt (Abbildung 5a). Bei den relativen Volumenzuwachsindices ist im Jahr 1991 ebenfalls bei allen 3 Probestflächen ein Ansteigen der Zuwachsleistung erkennbar (Abbildung 5b).

Die mittleren relativen Indices der Probestflächen 21 und 22 betragen im Untersuchungszeitraum 1986-1991 für die Radialzuwachsleistung in Brusthöhe 129,3 % und für die Volumenleistung 103,7 % im Vergleich zu den Probestämmen der Probestfläche 23. Der Zuwachsanstieg ist ab dem Jahre 1986 sowohl bei der Radial- als auch Volumenzuwachsentwicklung erkennbar, nach 1988 tritt jedoch wieder ein Absinken der Zuwächse auf (Abbildung 6a, b).

Die Zusammenfassung der relativen Indices aller im Jahre 1986 gedüngten Probestämme ergab einen relativen Jahrringindex von 111,7 % und einen Volumenindex von 96,6 % im Untersuchungszeitraum 1986-1991. Auch bei diesen Probestämmen ist ab 1986 ein leichter Anstieg der Zuwachsentwicklung bis zum Jahre 1988 erkennbar (Abbildung 7).

Zusammenfassend kann festgestellt werden, daß bei Betrachtung der Ergebnisse der Radialzuwachsentwicklung in Brusthöhe vor allem bei den jüngeren gedüngten Probestämmen im Vergleich zu den ungedüngten Probestämmen eine Zuwachssteigerung in den jeweiligen Untersuchungszeiträumen auftritt. Bei der Beurteilung der Volumenzuwachsleistung konnte jedoch im Mittel weder bei den jüngeren noch bei älteren Probestämmen für den gesamten Untersuchungszeitraum eine eindeutige

6.4 Einfluß des Nadelverlustes

Die Zusammenfassung der einzelnen Probestämme erfolgte in 4 verschiedenen Kronenverlichtungsstufen, wobei folgende Grenzen für die Zuordnung ausschlaggebend waren:

- keine Kronenverlichtung-Nadelverlust bis $1/6$ der Nadelmasse,
- schwache Kronenverlichtung-Nadelverlust $1/6$ bis $1/3$ der Nadelmasse,
- mittlere Kronenverlichtung-Nadelverlust $1/3$ bis $1/2$ der Nadelmasse,
- starke Kronenverlichtung-Nadelverlust größer als $1/2$ der Nadelmasse.

Eindeutige Unterschiede in der Zuwachsleistung der Probestämme mit unterschiedlicher Intensität des Nadelverlustes treten in den Bereichen der Probestämme mit mittel bis stark verlichteten Kronen im Vergleich zu den Probestämmen ohne Kronenverlichtung auf.

Die Beurteilung des Radialzuwachsverlaufes in den einzelnen Kronenverlichtungsstufen erfolgte anhand folgender unterschiedlich gebildeter Kollektive:

- a) Gesamtkollektiv (alle gedüngten und ungedüngten Probestämme),
- b) gedüngte und ungedüngte Probestämme ohne Probestämme der Probestflächen 17 bis 23,
- c) ungedüngte Probestämme.

Es hat sich jedoch gezeigt, daß sich die einzelnen Berechnungsergebnisse der mittleren relativen Jahrringindices zwischen den unterschiedlich gebildeten Kollektiven kaum unterscheiden (Tabelle 6, Abbildung 9, 10, 11, 12). Die Differenzierung der Radialzuwachsentwicklung der mittel bis stark verlichteten Probestämme im Vergleich zu den Probestämmen "ohne über das natürliche Ausmaß hinausgehende Nadelverluste" beginnt bei den stark verlichteten Probestämmen etwa ab 1986, bei den im Jahre 1991 mittel verlichteten Probestämmen 2 Jahre später. Bei der Bildung von relativen Jahrringindices für 3jährige Perioden zeigt sich, daß die mittel verlichteten Probestämme in der Periode 1986-1988 noch eine den unverlichteten Probestämmen entsprechende Zuwachsleistung aufweisen, in der Periode 1989-1991 jedoch bereits deutliche Zuwachsdepressionen zeigen. Der Zuwachsverlauf der stark verlichteten Probestämme weicht bereits in der Periode 1986-1988 deutlich vom Zuwachsniveau der Vergleichsprobestämme ab, um in der Periode 1989-1991 auf unter 50 % abzusinken (Tabelle 6, Abbildung 13).

Beim Vergleich der Radialzuwachsleistung von Probestämmen mit schwacher und Probestämmen ohne Kronenverlichtung konnten keine Unterschiede festgestellt werden. Das bedeutet, daß die Probestämme trotz einem über das natürliche Ausmaß hinausgehenden Nadelverlust noch keine Zuwachsreaktionen zeigten. Eindeutige Zuwachsrückgänge waren aufgrund der Ergebnisse somit erst ab einem Nadelverlust von ungefähr 30 % nachweisbar.

Auf die Berechnung der relativen Volumenindices mußte wegen der geringen Pro-

Probenumfanges erscheint es nicht sinnvoll und zielführend, vergleichende Berechnungen sowie eine Interpretation der Ergebnisse durchzuführen.

7. Diskussion

In den letzten Jahren wurde in einigen Untersuchungen auf eine allgemein positive Zuwachsentwicklung der Bäume hingewiesen. BRÄKER (1989) berichtete bei unverlichteten Fichten und Tannen über einen Zuwachsanstieg seit 1980. Zu ähnlichen Ergebnissen gelangten auch KENK (1986) und NEUMANN (1993). Dieser Zuwachstrend konnte jedoch bei den untersuchten Probestämmen aus dem Gleingraben nicht festgestellt werden.

Beim Vergleich der Höhenentwicklung mit Ertragstafelangaben wurde die von MARSCHALL (1975) für das Untersuchungsgebiet empfohlene Ertragstafel "Fichte Bruck/Mur" herangezogen. Es wurden wesentliche Abweichungen des Wachstumsganges von den Modellvorstellungen der Ertragstafel festgestellt. Bonitätssprünge in ähnlicher Höhe wies auch NEUMANN (1993) bei Fichten im Österreichischen Zentralalpengebiet nach. Auch in anderen Untersuchungen wurden bereits derartige Abweichungen aufgezeigt (STERBA 1984, RÖHLE 1985).

Das Hauptziel vieler Düngungsversuche war eine Steigerung der Zuwachsleistung. Eine derartige Mehrzuwachsleistung durch Düngung sowie deren Wirtschaftlichkeit wurde bei Versuchen in Österreich unter anderem von POLLANSCHÜTZ (1974) und JOHANN (1993) nachgewiesen.

Mit dem Zunehmen der "neuartigen" Waldschäden wurde durch Düngung weiters versucht, die Vitalität der Bäume durch eine Verbesserung der Nährstoffsituation zu erhöhen. Mit rasch wirksamen Düngern soll versucht werden, Ernährungsstörungen abzumildern, beziehungsweise zu beseitigen. Eine gezielte, harmonische und richtig dosierte Düngung führt in jungen sowie alten Beständen zu einer raschen Revitalisierung (HÜTTL 1987, BAULE 1984).

Aufgrund dieser Überlegungen wurden im Gleingraben eine Reihe von Düngungsversuchen angelegt (KILIAN 1989). Da zwischen dem Wachstum und der Vitalität eines Baumes ein direkter Zusammenhang besteht (KENK 1989), wurde im Rahmen dieser Arbeit untersucht, inwieweit die Düngung die Zuwachsleistung beeinflusst. Es konnte jedoch kein eindeutiger Zusammenhang zwischen Zuwachsverlauf und Düngung nachgewiesen werden.

Die einzelnen Untersuchungen des Zusammenhanges zwischen Nadel-/Blattverlust und Zuwachsverlust zeigen unterschiedliche Ergebnisse. KENK (1986) findet Zuwachsverluste bei Fichten erst ab 40 % Nadelverlust, ECKMÜLLNER (1990) weist Zuwachsverluste bereits ab 20 % Nadelverlust nach. RÖHLE (1986) konnte bei einem Nadelverlust von 20-40 % Minderwüchsen in einer Gefäßanordnung bis 40 % nach

(1987). Bei der Untersuchung des Zuwachsverlaufes der Probestämme aus dem Gebiet des Gleingrabens wurden Zuwachsverluste ab einem Nadelverlust von 30 % festgestellt, wobei zu beachten ist, daß die Differenzierung der Zuwachsentwicklung der mittel bis stark verlichteten Bäume erst in den letzten Jahren erfolgte und kein längerfristiger Zuwachsrückgang feststellbar war (vgl. EICHKORN 1986).

8. Zusammenfassung

Im Rahmen dieser Untersuchung wurde der Versuch unternommen, einen Einfluß der im Gleingrabens durchgeführten Düngungsversuche auf die Zuwachsleistung der Bäume nachzuweisen. Weiters sollte untersucht werden, inwieweit ein Zusammenhang zwischen Nadelverlust und Zuwachs besteht.

Es wurden insgesamt 80 Analysebäume gefällt und an weiteren 125 Bäumen Bohrkerngezogen, wobei die einzelnen Probestflächenbereiche sowohl innerhalb als auch außerhalb der Düngungsbereiche ausgewählt wurden.

Die Ergebnisse haben gezeigt, daß in der Höhenentwicklung der einzelnen Probestämme im Vergleich zu den Ertragsstafelwerten erhebliche Differenzen auftreten. Die Höhenentwicklung verläuft in der Regel wesentlich steiler als es aufgrund der Ertragsstafel zu erwarten wäre und es daher auch zu laufenden Bonitätsveränderungen kommt. Es konnten Bonitätsveränderungen in einer Höhe von über 5 Stufen nachgewiesen werden.

Der Vergleich der Zuwächse der gedüngten und ungedüngten Probestämme hat ergeben, daß bei Betrachtung der Radialzuwachsleistung in Brusthöhe vor allem bei den jüngeren gedüngten Probestämmen im Vergleich zu den ungedüngten Probestämmen eine Zuwachssteigerung ab dem Zeitpunkt der Düngung auftritt. Bei der Beurteilung des Volumenzuwachses konnten jedoch weder bei jungen noch bei älteren Probestämmen eindeutige Zuwachssteigerungen festgestellt werden.

Deutliche Unterschiede in der Zuwachsleistung hat der Vergleich der Radialzuwächse von Bäumen mit unterschiedlichem Nadelverlust ergeben. Probestämme mit stark verlichteten Kronen zeigen im Vergleich zu den Bäumen ohne Kronenverlichtung ab 1986 deutliche Zuwachsdepressionen. Bei den Probestämmen mit einer mittleren Kronenverlichtung beginnen diese Zuwachsrückgänge 2 Jahre später. Die Probestämme mit schwachen Kronenverlichtungen zeigen keine Zuwachsreaktionen gegenüber Probestämmen ohne Kronenverlichtung. Es kann somit zusammenfassend festgestellt werden, daß bei den untersuchten Probestämmen etwa ab einem Nadelverlust von 30 % Zuwachsrückgänge nachgewiesen werden konnten.

Literatur

- BAULE H. 1984: *Forstpflanzenernährung und Walderkrankungen. Arbeitstechnisches Merkheft der Waldarbeit* Nr. 48.
- BRÄKER O.U. 1989: *Ergebnisse zum Baumwachstum aufgrund von Jahrringanalysen an Bohrkernen aus der Sanasilva Waldschadensinventur 1984*. Sanasilva Tagungsbericht: Waldwachstum und Waldschäden.
- DONG P.H. & KRAMER H. 1987: *Zuwachsverlust in erkrankten Fichtenbeständen*. Allg.Forst- und Jagdzeitung, (158): 122-125.
- ECKMÖLLNER O. 1990: *Benadelung und Splintflächen von Fichten aus Wuchsgebieten Österreichs*. Holz-Zentralblatt, (18): 266-267.
- EICHKORN T. 1986: *Wachstumsanalysen an Fichten in Südwestdeutschland*. Allg.Forst- und Jagdzeitung (157): 125-139.
- HÜTTL R.F. 1987: *Neuartige Waldschäden, Ernährungsstörungen und Düngung*. Allg.Forstzeitung (12): 289-299.
- JOHANN K. 1983: *Ertragskundliche und betriebswirtschaftliche Ergebnisse eines Großdüngungsversuches*. Forst- und Holzwirt (38): 232-237.
- KENK G. 1986: *Wachstumsanalysen im Zusammenhang mit den gegenwärtigen Waldschäden: Ergebnisse und Folgerungen für Nadelbaumbestände in Baden-Württemberg*. Bericht zur Jahrestagung 1986 der Sektion Ertragskunde im Deutschen Verband Forstlicher Forschungsanstalten, 10/1-10/14.
- KENK G. (1989): *Erkenntnisgewinn in Bezug auf das Waldwachstum in der BRD am Beispiel von Untersuchungen in Baden-Württemberg*. Sanasilva Tagungsbericht: Waldwachstum und Waldschäden.
- KILIAN W. 1989: *Diagnostische Düngungsversuche im Gleinalmgebiet*. Mitt.d.FBVA, (163/II): 341-356.
- MARSCHALL J. 1975: *Hilfstafern für die Forsteinrichtung*. Österr.Agrarverlag-Wien, 202S.
- NEUMANN M. 1993: *Zuwachsuntersuchungen an Fichte in verschiedenen Seehöhenstufen im österreichischen Zentralalpenbereich*. Centralbl.f.d.ges.Forstwesen, (110): 221-274.
- POLLANSCHÜTZ J. 1974: *Düngungsversuche in Österreich*. Allg.Forstzeitung, (85): 273-275.
- RÖHLE H. 1985: *Ertragskundliche Aspekte der Walderkrankungen*. Forstw.Centralblatt, (104): 225-242.
- SPELSBERG G. 1987: *Zum Problem der Beurteilung des Zuwachses in geschädigten Beständen*. Allg.Forst- und Jagdzeitung, (158): 205-210.
- STERBA H. 1984: *Kahlschlagbetrieb oder Einzelstammnutzung - was sagen Theorie und Daten dazu?* Allg.Forstz., (95): 339-340.
- UTSCHIG H. 1989: *Waldwachstumskundliche Untersuchungen im Zusammenhang mit Waldschäden*. Forstl.Forschungsberichte, München, Nr.97.

Autor: Günter Rössler
 Forstliche Bundesversuchsanstalt
 Institut für Waldwachstum und Betriebswirtschaft
 Seckendorff-Gudent Weg 8
 A-1131 Wien

10. Anhang

Tabelle 1: Mittlere ertragskundliche Kenndaten der Probebäume

Probefläche	Alter	BHD o.R. mm	Höhe cm	H/D	Volumen Vfm o.R.	Formzahl
3	124	336	2208	69	0.910	0.409
4	90	419	3341	82	2.130	0.435
8	80	271	2189	81	0.581	0.457
9	80	338	2673	82	1.152	0.469
10	130	579	3956	69	4.128	0.398
11	130	569	3959	71	3.921	0.384
13	92	333	2481	76	1.033	0.458
14	108	479	3810	80	3.023	0.435
15	93	351	3252	93	1.498	0.474
16	106	424	3239	78	2.075	0.438
17	50	180	1734	97	0.208	0.469
18	50	173	1666	97	0.184	0.464
19	50	194	1736	91	0.246	0.469
20	50	188	1740	94	0.244	0.488
21	52	261	2189	84	0.529	0.441
22	52	243	2224	92	0.466	0.454
23	58	358	2798	82	1.160	0.398

Tabelle 2: Mittlere jährliche Zuwachsleistung innerhalb von 2 Perioden

Probefläche	Radialzuwachs (1/100 mm)		Volumenzuwachs (dm ³)		Höhenzuwachs (cm)	
	1980-85	1986-1991	1980-85	1986-91	1980-85	1986-91
* 3	52	40	7.68	5.97	8	5
- 4	137	137	40.54	44.43	22	21
- 8	140	104	15.14	12.74	18	16
* 9	141	152	25.23	29.06	18	18
* 10	137	153	53.66	61.42	13	12
- 11	148	153	55.42	62.39	16	17
- 13	102	71	18.32	15.86	14	11
* 14	123	115	40.13	40.74	19	21
- 15	180	139	34.39	33.82	25	22
* 16	159	140	33.14	33.81	15	16
* 21	193	155	18.72	19.50	33	31
* 22	191	153	18.44	20.90	42	36
- 23	356	282	48.43	52.40	60	45
	1986-88	1989-91	1986-88	1989-91	1986-88	1989-91
+ 17	78	78	7.04	8.03	27	30
+ 18	68	72	5.86	9.20	23	30
+ 19	98	89	8.25	10.32	22	22
- 20	96	82	9.65	11.43	31	28

Tabelle 3:

Mittlere relative Indices (in %) der im Jahre 1986 gedüngten Probestämme; Periodenvergleich der Zuwächse 1986-91 zur Vorperiode 1980-85

Vergleichsbasis: Indices der ungedüngten Probestämme

Probe fläche	Vergleichs- probestfläche	relative Jahringindices	relative Volumenindices	relative Höhenindices
3	4	76.9	70.9	65.4
9	8	145.1	137.0	112.5
10	11	108.0	101.7	86.8
14	15	121.1	103.3	125.6
16	4	88.1	103.8	111.7
21	23	101.4	96.3	125.2
22	23	101.1	104.7	114.3

Mittlere relative Indices (in %) der im Jahre 1989 gedüngten Probestämme; Periodenvergleich der Zuwächse 1989-91 zur Vorperiode 1986-88

Vergleichsbasis: Indices der ungedüngten Probestämme

Probe fläche	Vergleichs- probestfläche	relative Jahringindices	relative Volumenindices	relative Höhenindices
17	20	117.1	96.4	123.0
18	20	124.0	132.6	144.4
19	20	106.3	105.7	110.7

Tabelle 4:

Mittlere Jahring- und Volumenindices (in %);
Berechnung durch Extrapolation

Probefläche	Jahringindices 1986-91	Volumenindices 1986-91
* 3	71.0	56.9
- 4	95.5	95.5
- 8	104.7	95.3
* 9	130.5	98.9
* 10	103.3	107.7
- 11	102.3	117.9
- 13	91.2	96.4
* 14	94.9	100.0
- 15	82.2	101.7
* 16	103.3	110.4
* 21	114.0	96.1
* 22	101.1	102.1
- 23	83.2	95.6
	1989-91	1989-91
+ 17	120.7	94.8
+ 18	105.8	119.2
+ 19	117.1	110.7
- 20	80.2	104.6

Tabelle 5:

Mittlere relative Indices (in %) der im Jahre 1986 gedüngten Probestämme für den Untersuchungszeitraum 1986 -1991

Berechnung durch Extrapolation

Vergleichsbasis: Indices der ungedüngten Probestämme

Probe fläche	Vergleichs- probestfläche	relative Jahringindices	relative Volumenindices
3	4	76.9	70.9
3	4	74.3	59.6
9	8	124.6	103.8
10	11	101.0	91.3
14	15	115.5	98.3
16	4	108.2	115.6
21	23	137.0	100.5
22	23	121.5	106.8

Mittlere relative Indices (in %) der im Jahre 1989 gedüngten Probestämme für den Untersuchungszeitraum 1989 -1991

Berechnung durch Extrapolation

Vergleichsbasis: Indices der ungedüngten Probestämme

Probe fläche	Vergleichs- probestfläche	relative Jahringindices	relative Volumenindices
17	20	150.5	90.6
18	20	131.9	114.0
19	20	146.0	105.8

Tabelle 6:

Mittlere relative Jahrringindices (in %) von Probestämmen mit unterschiedlicher Kronenzustandsform (schwache bis starke Kronenverlichtung) für die Perioden 1980-82, 1983-85, 1986-88 und 1989-91

Vergleichsbasis: Jahrringindices der Probestämme ohne Kronenverlichtung

Ungedüngte Probestämme					
Kronenverlichtung	Anzahl Bäume	Periode 1980-82	1983-85	1986-88	1989-91
keine	36	100.0	100.0	100.0	100.0
schwach	10	112.3	111.6	113.9	108.0
mittel	17	94.7	107.8	102.8	73.2
stark	17	109.6	111.8	86.8	45.1

Gedüngte und ungedüngte Probestämme (ohne Probestämme der Probestfläche 17 bis 23)					
Kronenverlichtung	Anzahl Bäume	Periode 1980-82	1983-85	1986-88	1989-91
keine	56	100.0	100.0	100.0	100.0
schwach	24	99.6	99.2	103.2	98.1
mittel	41	89.2	102.7	102.3	79.3
stark	16	103.5	103.3	83.3	46.3

Gesamtkollektiv der Probestämme					
Kronenverlichtung	Anzahl Bäume	Periode 1980-82	1983-85	1986-88	1989-91
keine	80	100.0	100.0	100.0	100.0
schwach	33	100.3	98.7	101.3	98.1
mittel	50	91.8	102.5	99.9	74.4
stark	30	106.8	103.1	81.9	43.1

Abbildung 1: Lage der Probestflächen



Abbildung 2a-2q: Laufender jährlicher Höhenzuwachs/Höhenentwicklung

ZUWACHSUNTERSUCHUNG GLEINALM
 VERSUCH 809
 MITTELWERT - DIAGRAMM (Probefläche 3)

FBVA - Wien
 Institut V
 Progn.: FRUNDE

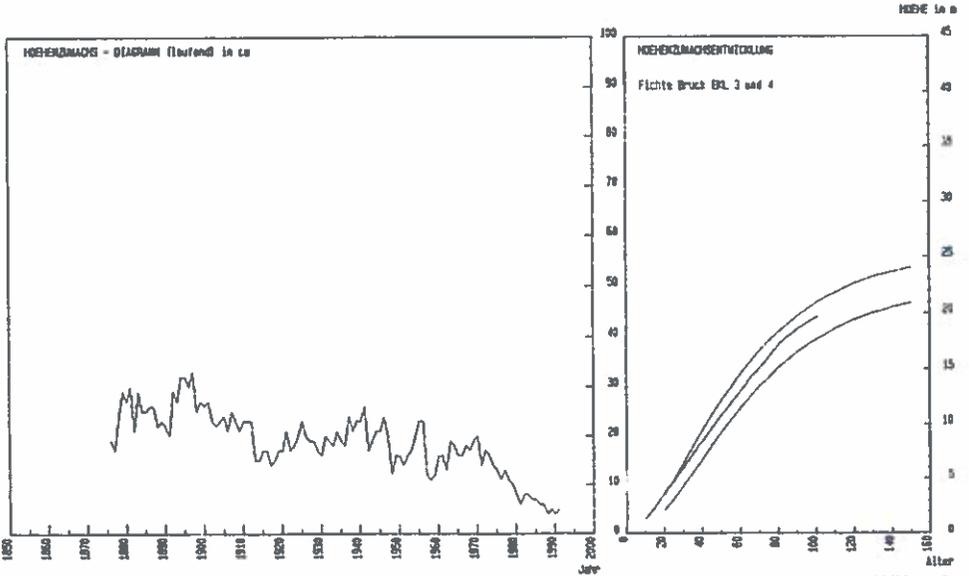
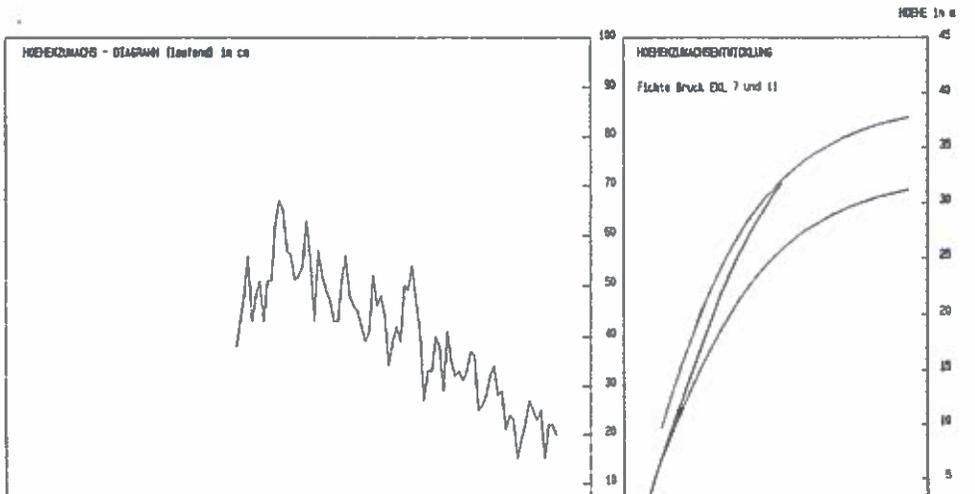


Abbildung 2a

ZUWACHSUNTERSUCHUNG GLEINALM
 VERSUCH 809
 MITTELWERT - DIAGRAMM (Probefläche 4)

FBVA - Wien
 Institut V
 Progn.: FRUNDE



ZUWACHSUNTERSUCHUNG GLEINALM
 VERSUCH 809
 MITTELWERT - DIAGRAMM (Probefläche 8)

FBVA - Wien
 Institut V
 Programm: JMW_KOBE

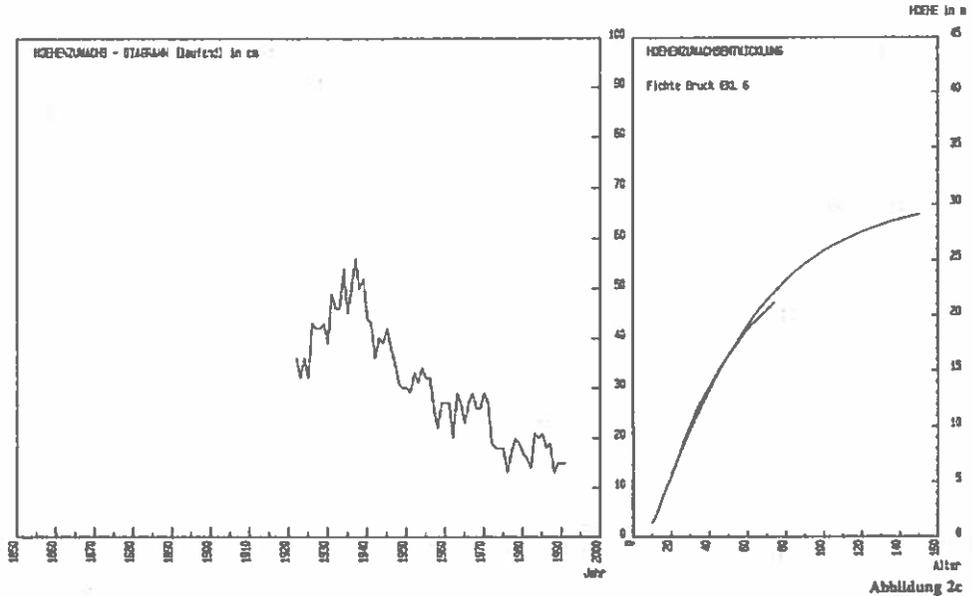
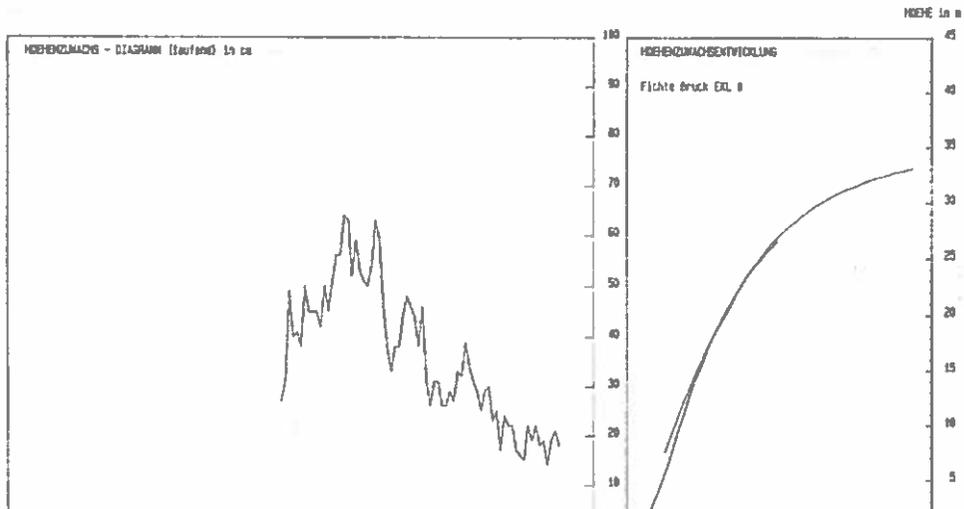


Abbildung 2c

ZUWACHSUNTERSUCHUNG GLEINALM
 VERSUCH 809
 MITTELWERT - DIAGRAMM (Probefläche 9)

FBVA - Wien
 Institut V
 Programm: JMW_KOBE



ZUWACHSUNTERSUCHUNG GLEINALM
 VERSUCH 809
 MITTELWERT - DIAGRAMM (Probeflaeche 10)

FBA - Wien
 Institut 1
 Progr.: JUNGERE

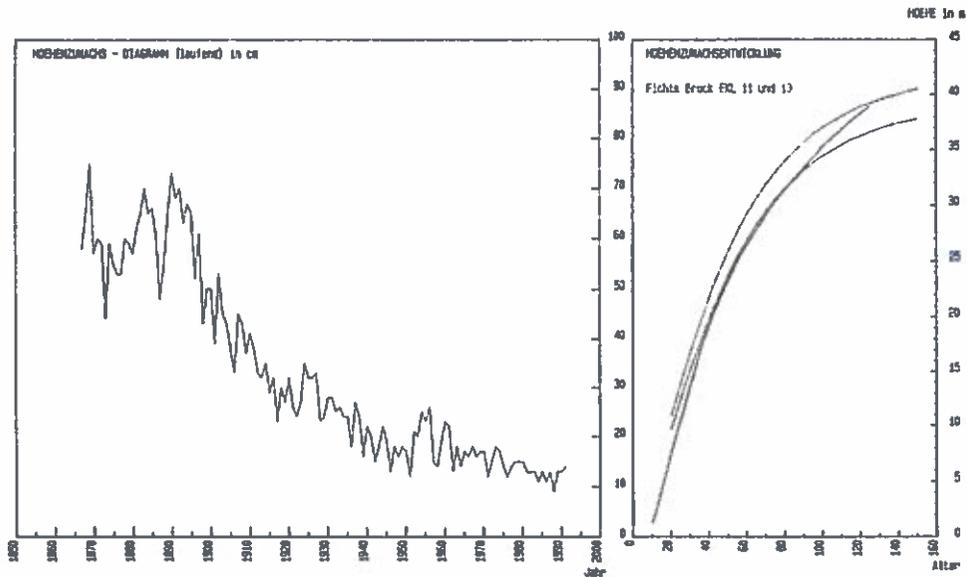
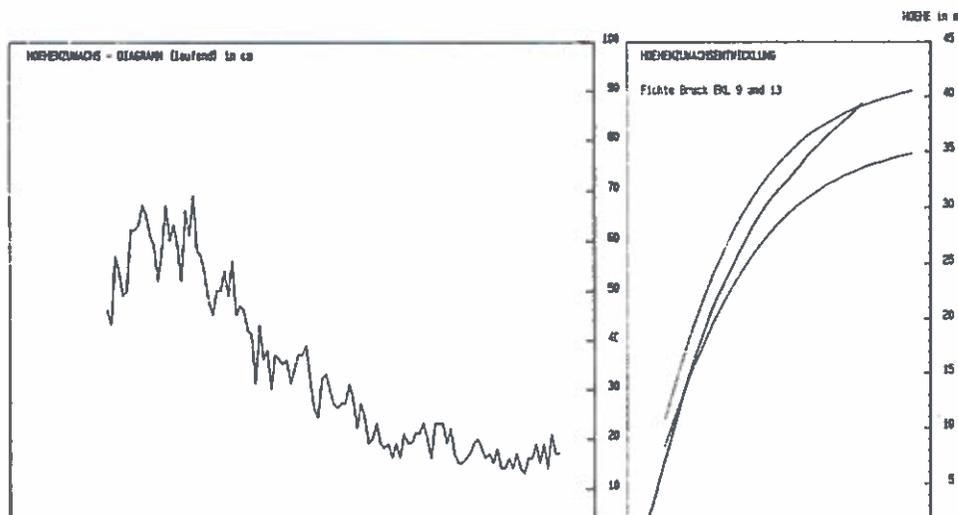


Abbildung 2a

ZUWACHSUNTERSUCHUNG GLEINALM
 VERSUCH 809
 MITTELWERT - DIAGRAMM (Probeflaeche 11)

FBA - Wien
 Institut 1
 Progr.: JUNGERE



ZUWACHSUNTERSUCHUNG GLEINALM
 VERSUCH 809
 MITTELWERT - DIAGRAMM (Probeflaeche 13)

FBVA - Wien
 Institut V
 Programm: JMW_KOBE

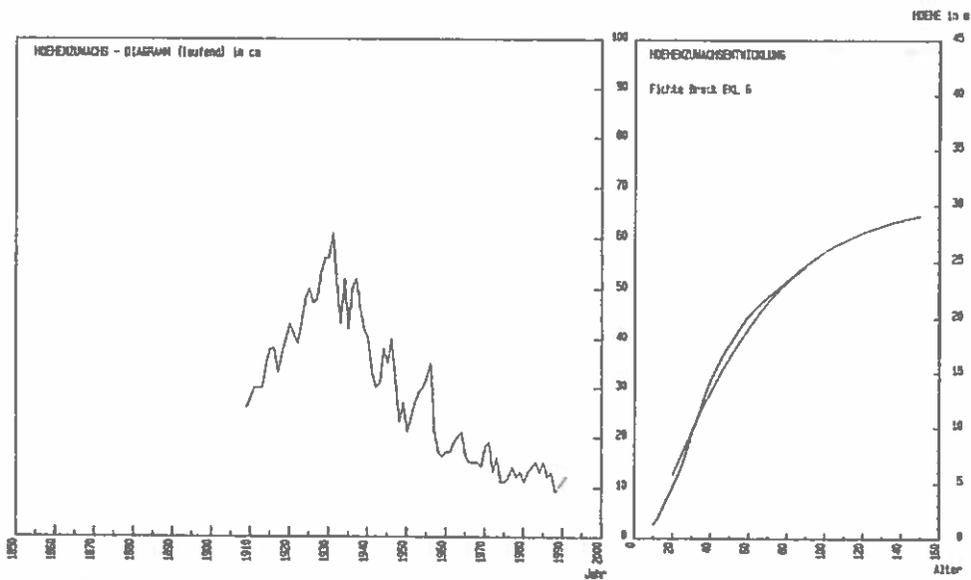
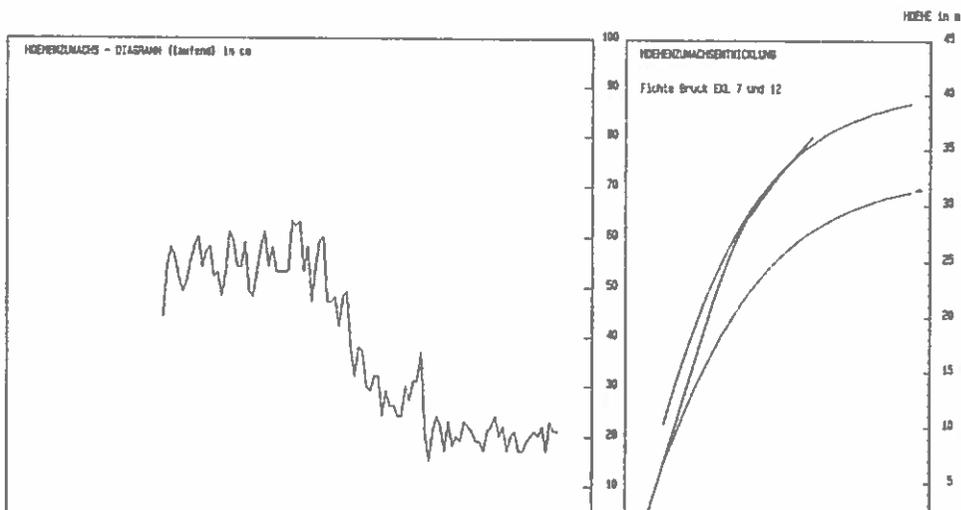


Abbildung 2g

ZUWACHSUNTERSUCHUNG GLEINALM
 VERSUCH 809
 MITTELWERT - DIAGRAMM (Probeflaeche 14)

FBVA - Wien
 Institut V
 Programm: JMW_KOBE



ZUWACHSUNTERSUCHUNG GLEINALM
 VERSUCH 809
 MITTELWERT - DIAGRAMM (Probeflaeche 15)

FBVA - Wien
 Institut V
 Progra...JUN...HOE

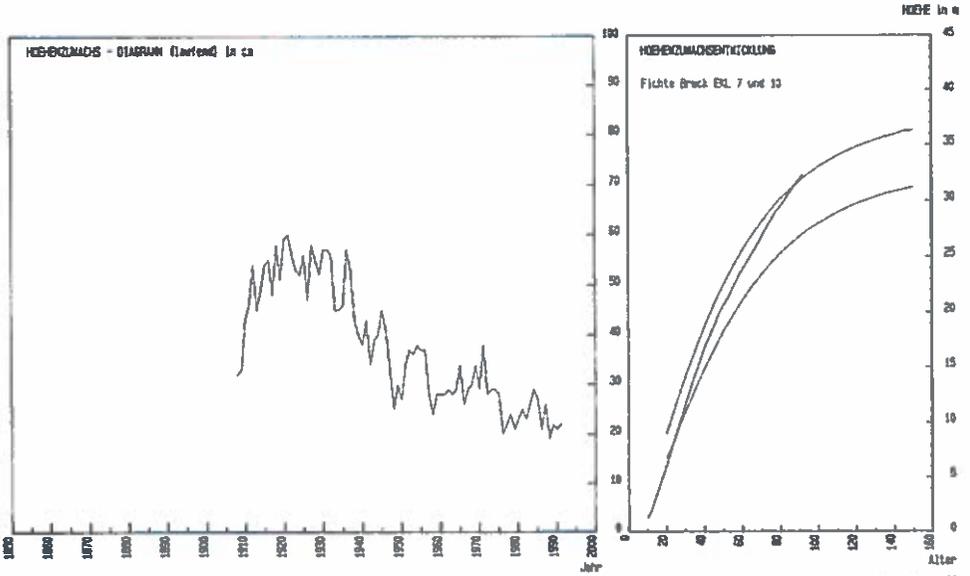
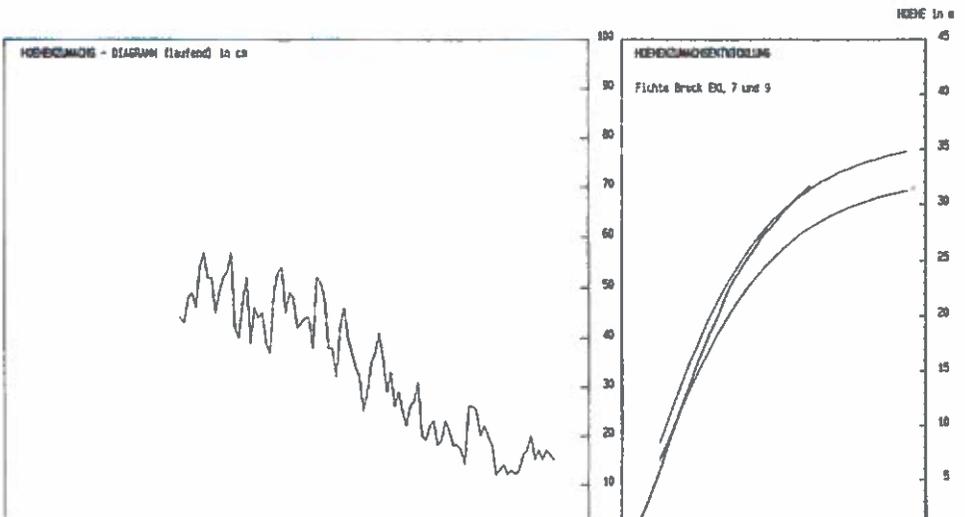


Abbildung 2i

ZUWACHSUNTERSUCHUNG GLEINALM
 VERSUCH 809
 MITTELWERT - DIAGRAMM (Probeflaeche 16)

FBVA - Wien
 Institut V
 Progra...JUN...HOE



ZUWACHSUNTERSUCHUNG GLEINALM
 VERSUCH 809
 MITTELWERT - DIAGRAMM (Probeflaeche 17)

FBVA - Wien
 Institut V
 Programm JRM/JOEHE

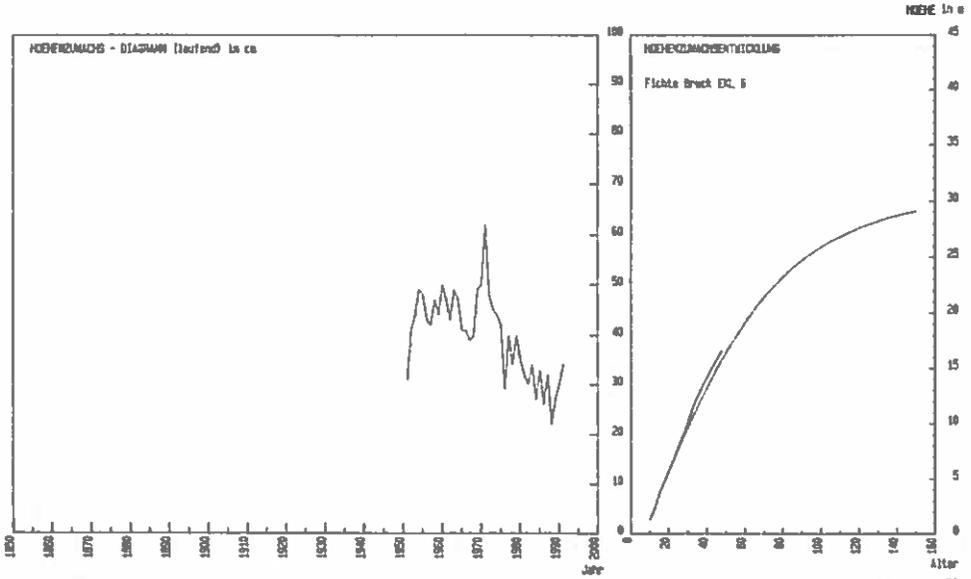
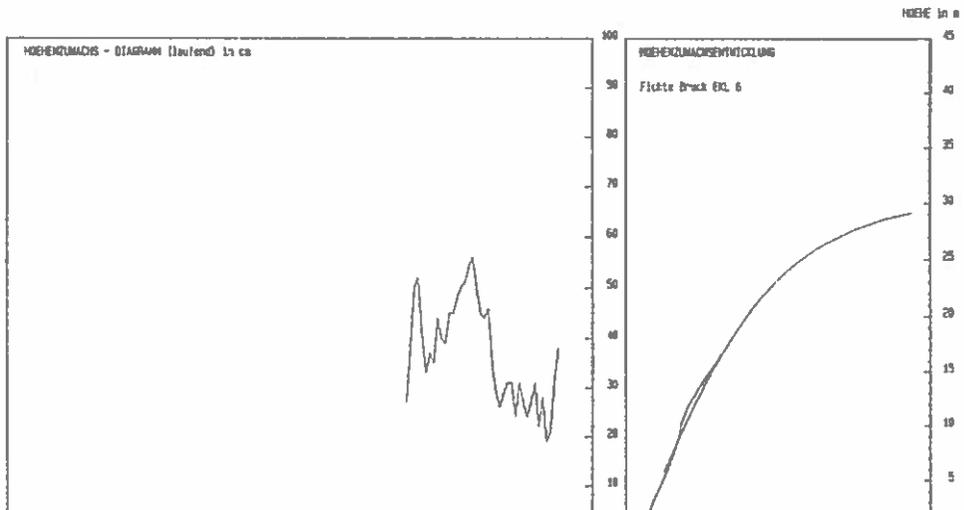


Abbildung 2k

ZUWACHSUNTERSUCHUNG GLEINALM
 VERSUCH 809
 MITTELWERT - DIAGRAMM (Probeflaeche 18)

FBVA - Wien
 Institut V
 Programm JRM/JOEHE



ZUNACHSUNTERSUCHUNG GLEINALM
 VERSUCH 809
 MITTELWERT - DIAGRAMM (Probeflaeche 19)

FWA - Wien
 Institut V
 Progn.: JRM/MBE

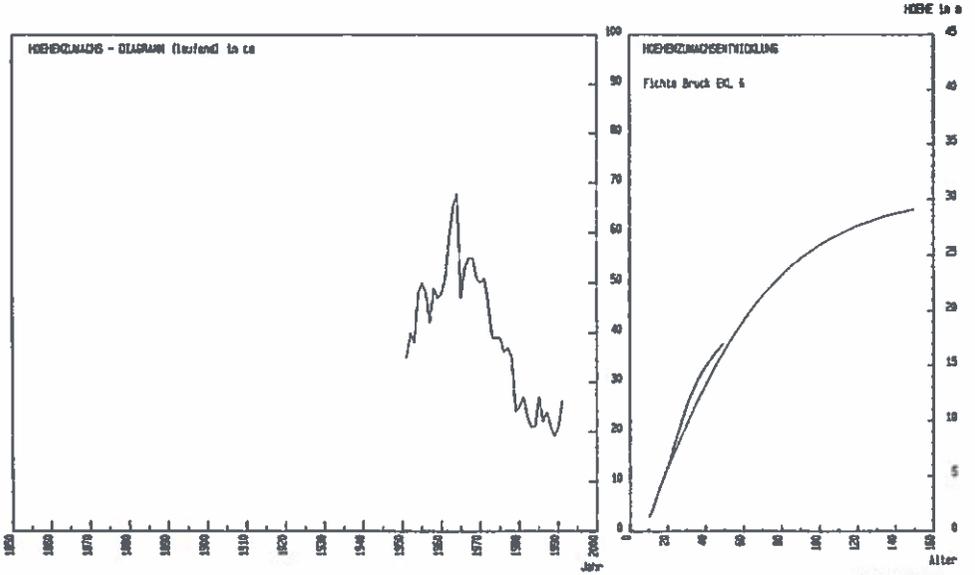
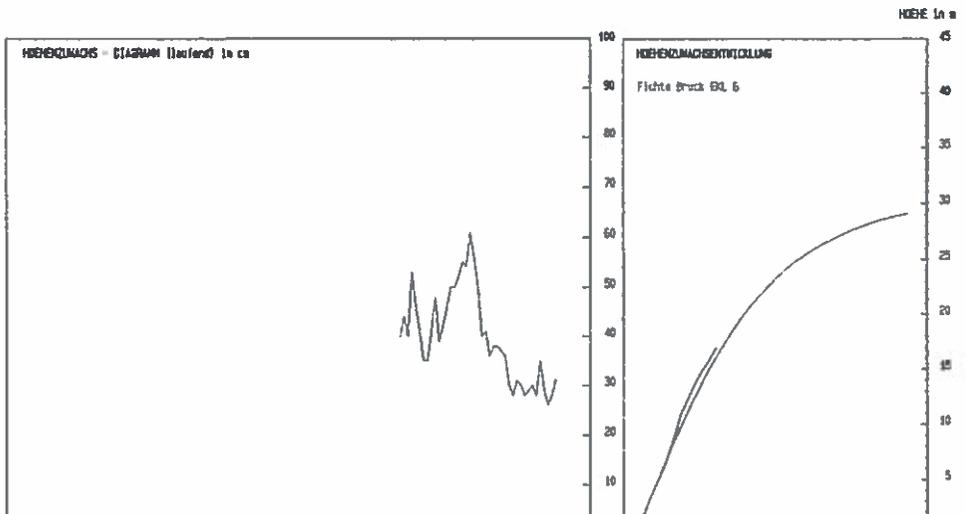


Abbildung 2m

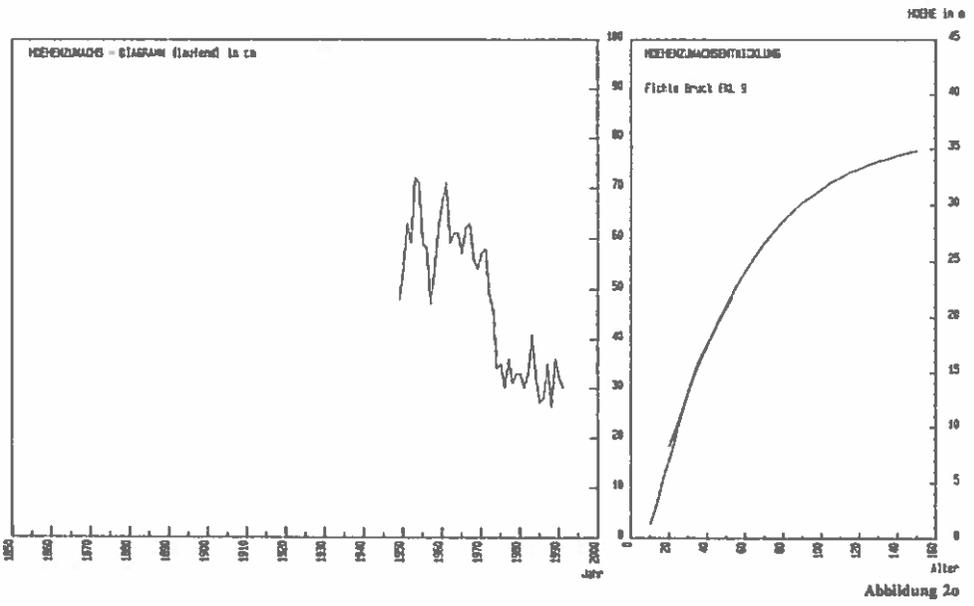
ZUNACHSUNTERSUCHUNG GLEINALM
 VERSUCH 809
 MITTELWERT - DIAGRAMM (Probeflaeche 20)

FWA - Wien
 Institut V
 Progn.: JRM/MBE



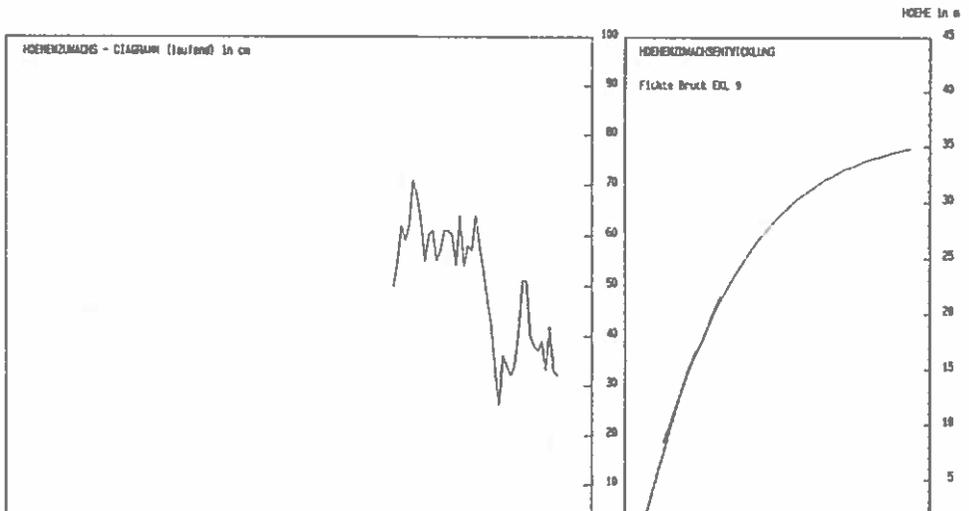
ZUNACHSUNTERSUCHUNG GLEINALM
 VERSUCH 809
 MITTELWERT - DIAGRAMM (Probeflaeche 21)

FBVA - Wien
 Institut V
 Progn.: JPK/HEBE



ZUNACHSUNTERSUCHUNG GLEINALM
 VERSUCH 809
 MITTELWERT - DIAGRAMM (Probeflaeche 22)

FBVA - Wien
 Institut V
 Progn.: JPK/HEBE



ZUWACHSUNTERSUCHUNG GLEINALM
 VERSUCH 809
 MITTELWERT - DIAGRAMM (Probeflaeche 23)

FBVA - Wien
 Institut V
 Programm LEBE

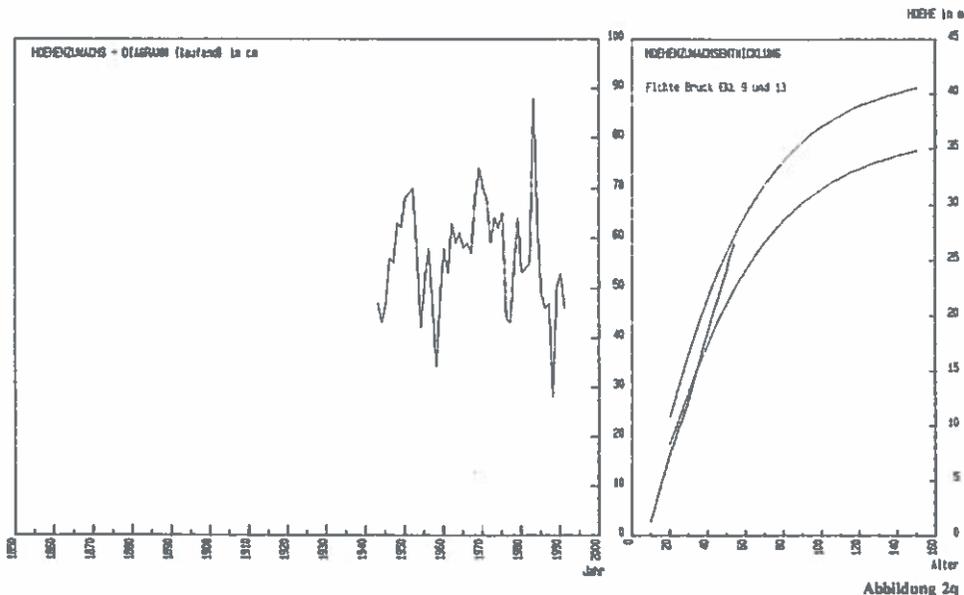


Abbildung 2q

Abbildung 3:

Entwicklung der Bonität über Alter
 Fichte Bruck/Mur

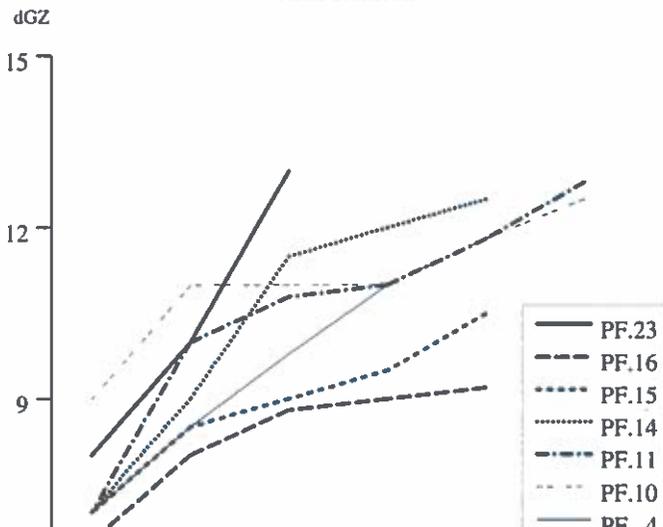
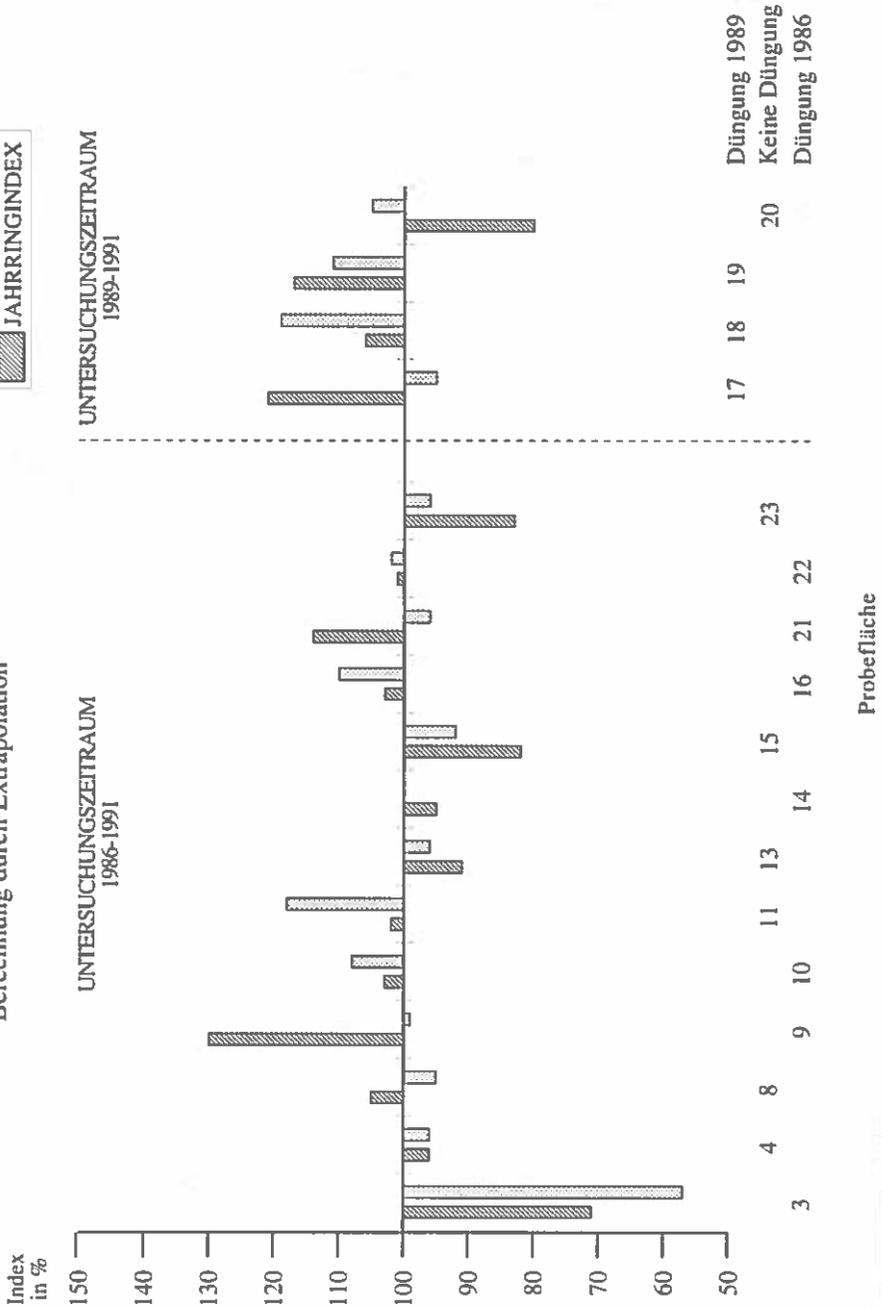


Abbildung 4: Mittlere Jahrring- und Volumenindices
Berechnung durch Extrapolation



17 18 19 20 23 22 21 16 15 14 13 11 10 9 8 4

Düngung 1989
Keine Düngung
Düngung 1986

Probefläche

Abbildung 5a und 5b: Mittlere relative Indices (Probeflächen 17,18,19)

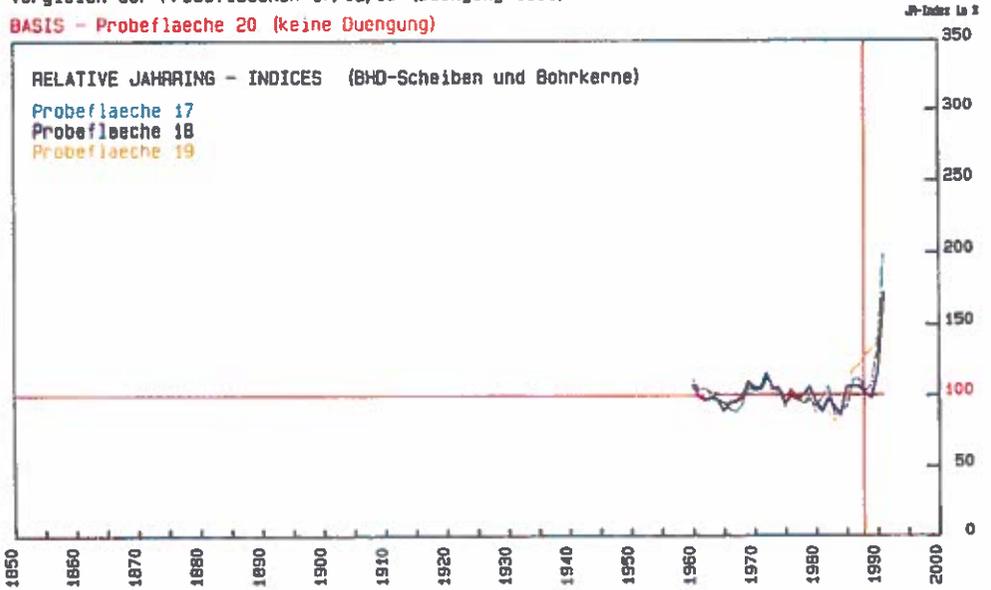
ZUWACHSUNTERSUCHUNG GLEINALM

VERSUCH 809
MITTELWERT - DIAGRAMM

FWA - Wien
Institut V
Progn.: JWR_REL_DIC

Vergleich der Probeflächen 17, 18, 19 (Duengung 1989)

BASIS - Probefläche 20 (keine Duengung)



ZUWACHSUNTERS. GLEINALM

VERSUCH 809
MITTELWERT - DIAGRAMM

FWA - Wien
Institut V
Progn.: JWR_REL_DIC

Vergleich der Probeflächen 17, 18, 19 (Duengung 1989)

BASIS - Probefläche 20 (keine Duengung)

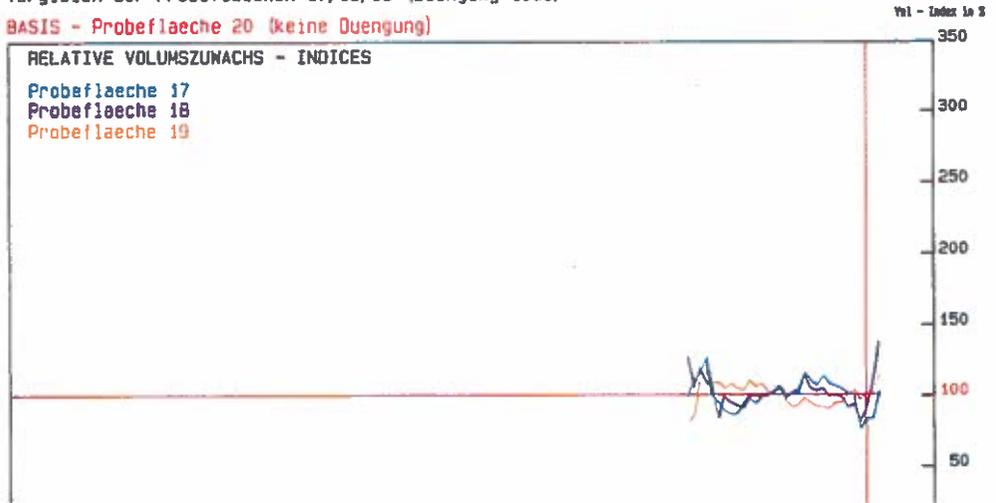


Abbildung 6a und 6b: Mittlere relative Indices (Probefläche 21,22)

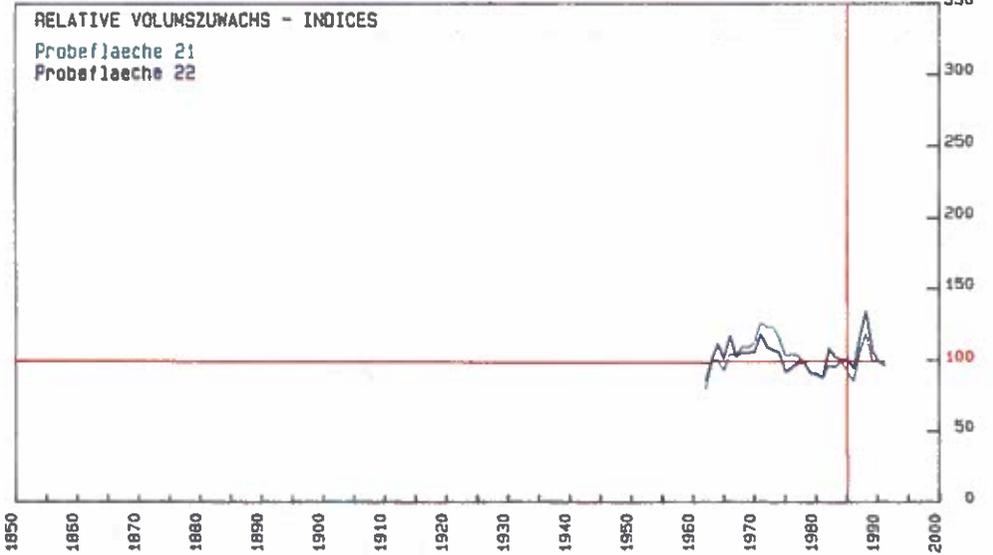
ZUMACHSUNTERS. GLEINALM
 VERSUCH 809
 MITTELWERT - DIAGRAMM

FWA - Wien
 Institut V
 Progr.: JRM_REL_IDX

Vergleich der Probeflächen 21,22 (Duengung 1986)

BASIS - Probefläche 23 (keine Duengung)

Vol - Index in %



ZUMACHSUNTERSUCHUNG GLEINALM
 VERSUCH 809
 MITTELWERT - DIAGRAMM

FWA - Wien
 Institut V
 Progr.: JRM_REL_IDX

Vergleich der Probeflächen 21,22 (Duengung 1986)

BASIS - Probefläche 23 (keine Duengung)

JR-Index in %

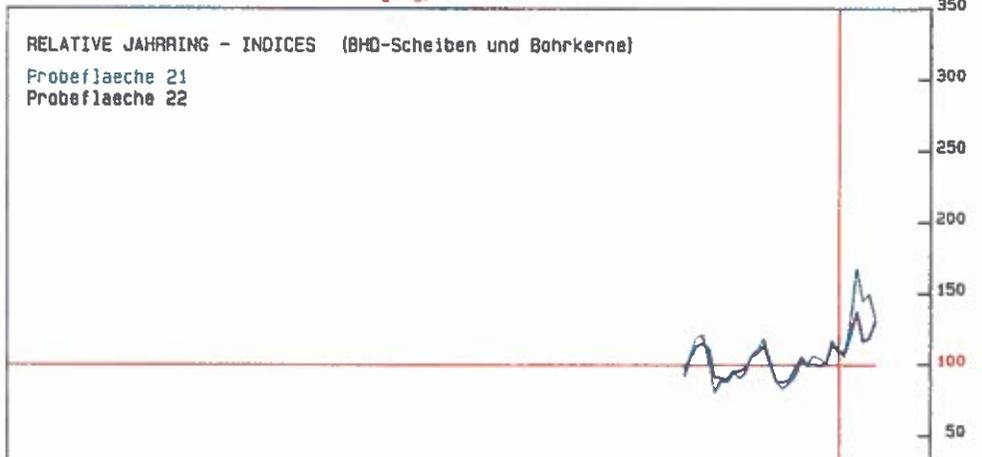


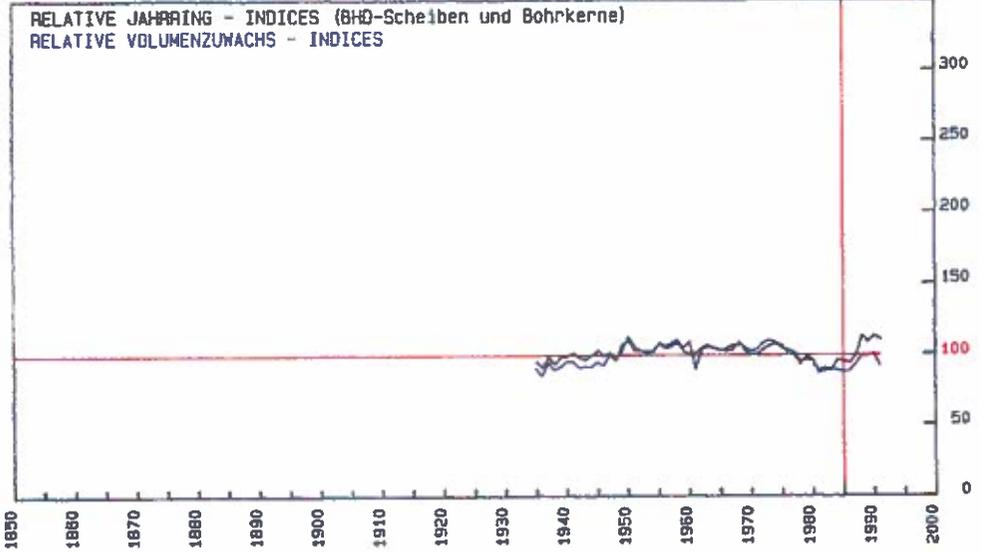
Abbildung 7 (oben): Mittlere relative Indices (alle 1986 gedüngten Probebäume)
 Abbildung 9 (unten): Mittlere relative Indices (unterschiedlicher Kronenzustand)

ZUWACHSUNTERSUCHUNG GLEINALM
 VERSUCH 809
 MITTELWERT - DIAGRAMM

FWA - Wien
 Institut V
 Progra.: JFM_REL_D86

Zusammenfassung der 1986 gedüngten Probebaeume

BASIS - ungeduengte Probebaeume



ZUWACHSUNTERSUCHUNG GLEINALM
 VERSUCH 809
 MITTELWERT - DIAGRAMM

FWA - Wien
 Institut V
 Progra.: JFM_REL_D86

BASIS - Baeume ohne Kronenverlichtung (N=80)

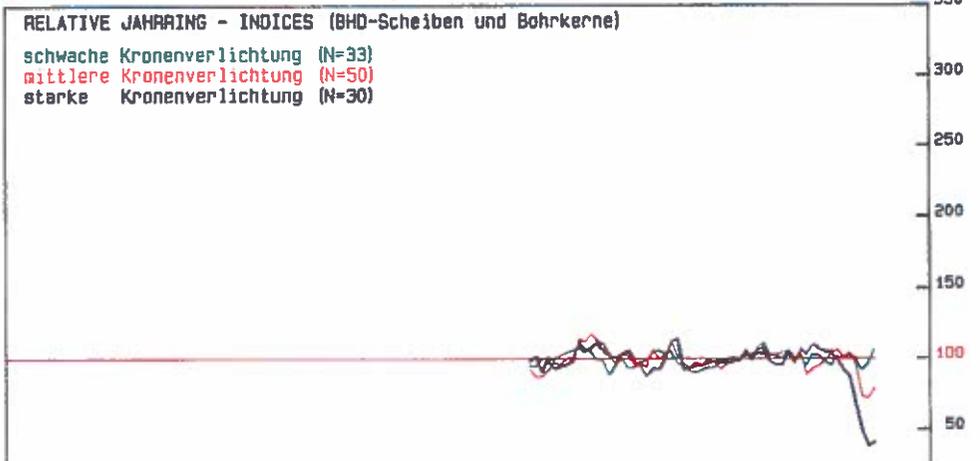


Abbildung 8: Mittlere relative Jahrring- und Volumenindices
Vergleichsbasis: Indices der ungedüngten Probebäume

VOLUMENINDEX
JAHRRINGINDEX

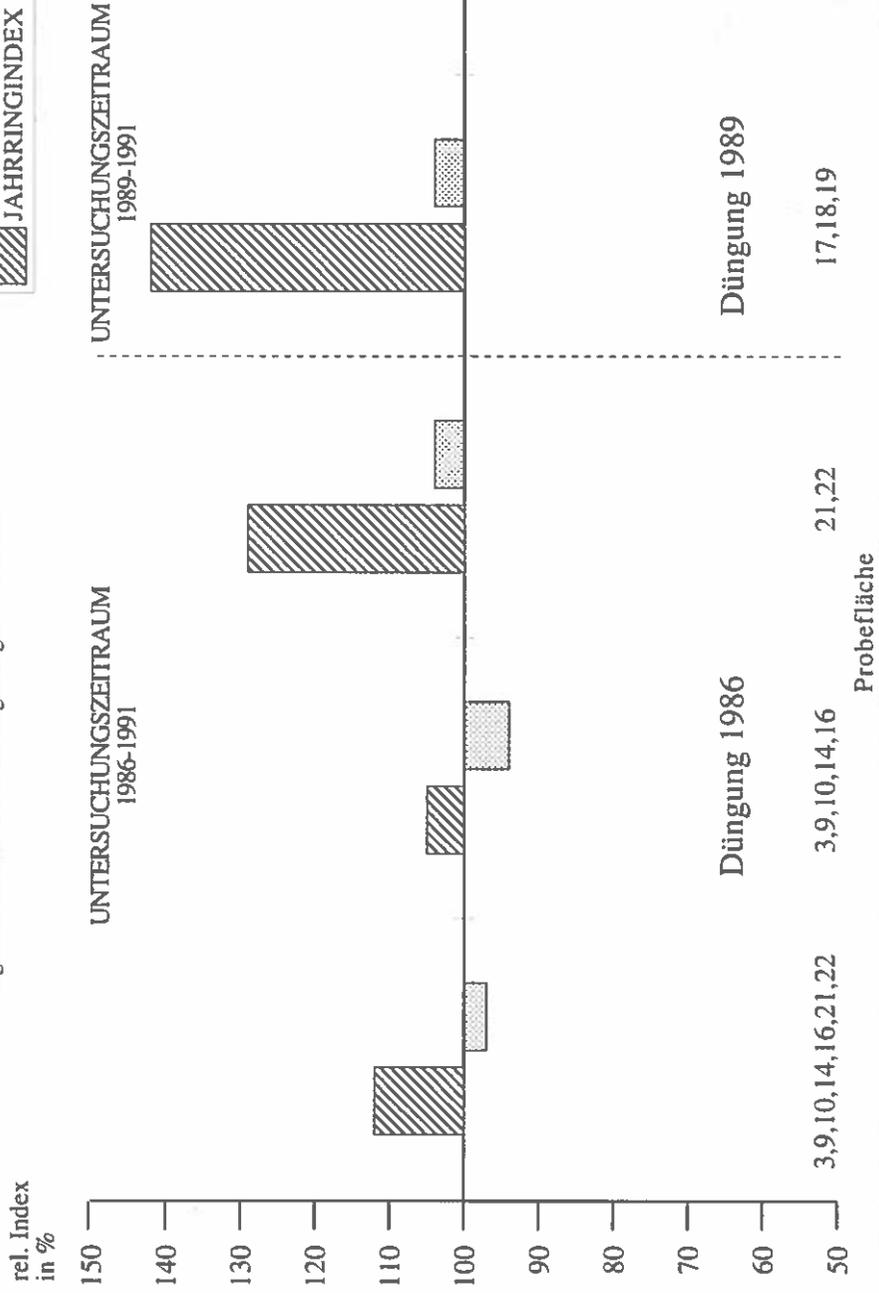
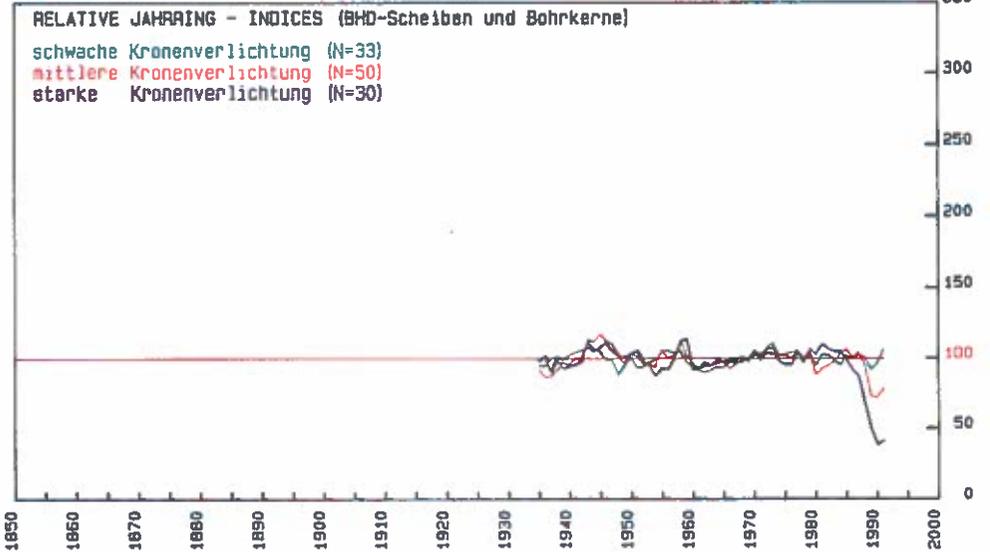


Abbildung 10 und Abbildung 11: Mittlere relative Indices
(unterschiedlicher Kronenzustand)

ZUWACHSUNTERSUCHUNG GLEINALM
VERSUCH 809
MITTELWERT - DIAGRAMM

FVA - Wien
Institut V
Progr.: JF_NRI_De

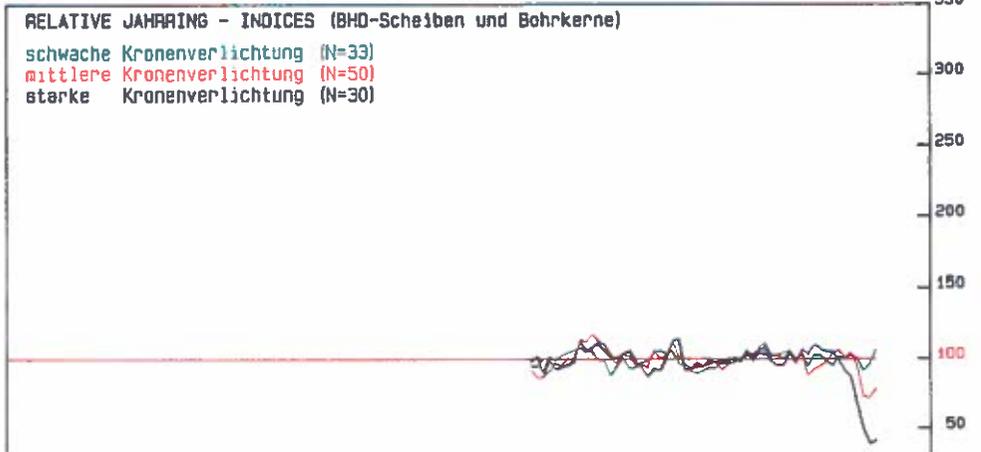
BASIS - Bäume ohne Kronverlichtung (N=80)



ZUWACHSUNTERSUCHUNG GLEINALM
VERSUCH 809
MITTELWERT - DIAGRAMM

FVA - Wien
Institut V
Progr.: JF_NRI_De

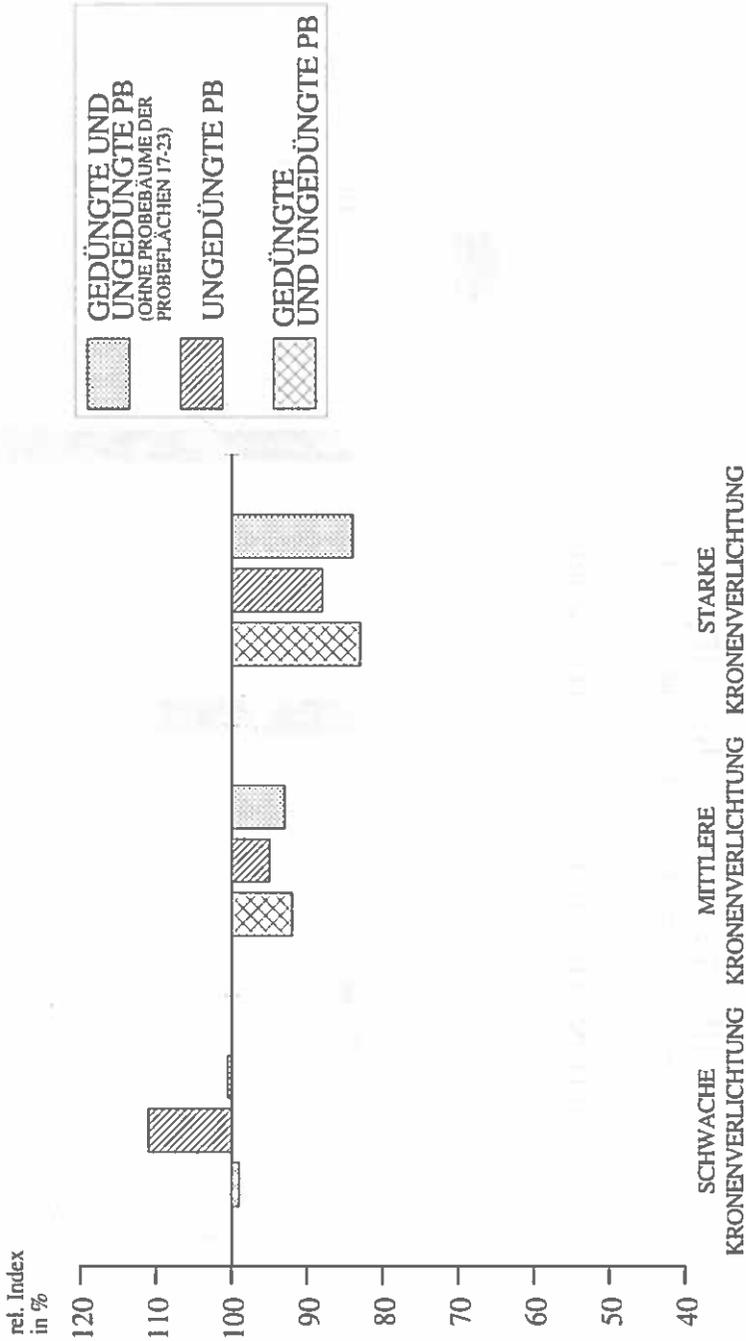
BASIS - Bäume ohne Kronverlichtung (N=80)



Mittlere relative Jahrringindices der Periode 1980-91

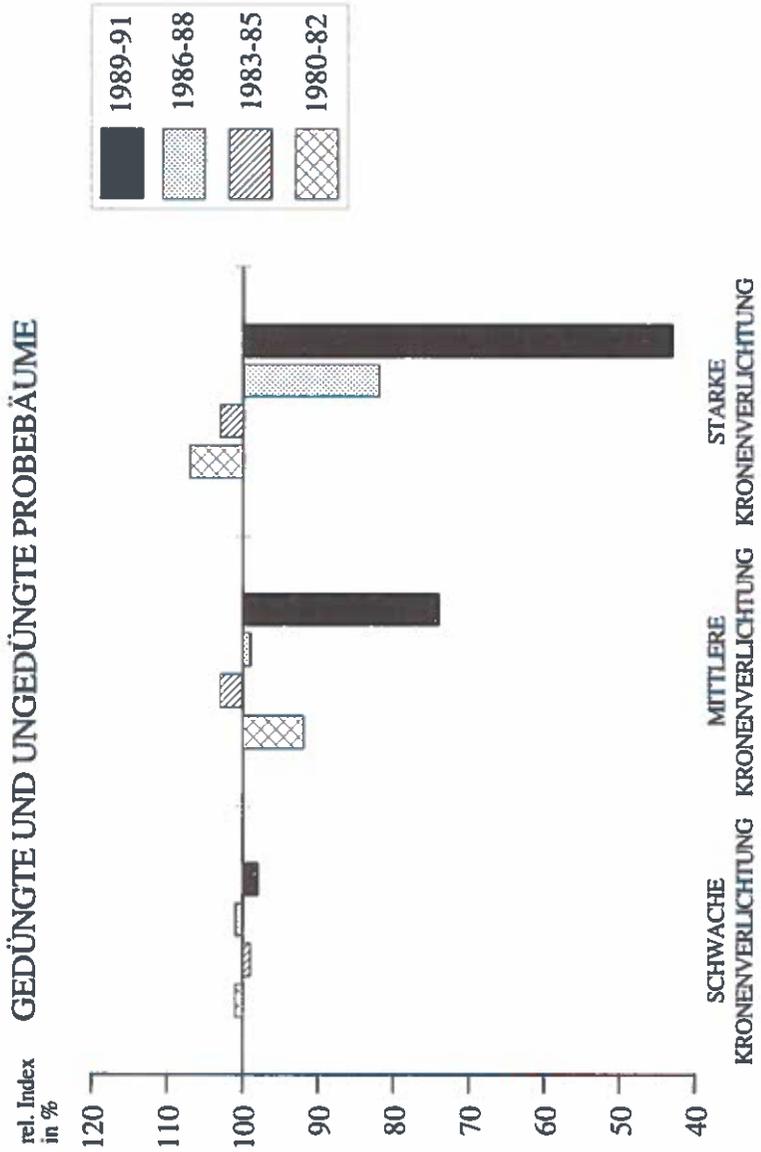
Abbildung 12

Vergleichsbasis: Jahrringindices der Probestäume ohne Kronenverlichtung



Mittlere relative Jahrringindices

Vergleichsbasis: Jahrringindices der Probebäume ohne Kronenverlichtung



Schwefel- und Nährstoffversorgung der Fichtennadeln im Gleinalm-Gebiet

KLAUS STEFAN

Institut für Immissionsforschung und Forstchemie, Forstliche Bundesversuchsanstalt

Kurzfassung: Zur Feststellung der Schadensursachen im Gleingraben/Steiermark und in weiterer Folge zur Überprüfung der Wirksamkeit von Düngungsmaßnahmen wurden Fichtennadelproben, die von 1985 bis 1992 jährlich im Herbst gewonnen worden waren, auf ihre Schadstoff- (Schwefel) bzw. Nährelementgehalte (N, P, K, Ca, Mg) untersucht und folgendes festgestellt: Kleinräumig kam es während des gesamten Untersuchungszeitraumes im Gleinalmgebiet zu Schwefelimmisionseinwirkungen, die aber in der seit 1985 festgestellten Größenordnung nicht als Schadensauslöser angesehen werden können. Während des gesamten Untersuchungszeitraumes bestand bei den unbehandelten Bäumen vor allem eine mangelhafte oder nicht ausreichende Stickstoffversorgung und eine mangelhafte oder nicht ausreichende Kaliumversorgung, sowie eine nicht ausreichende Calcium- bzw. Magnesiumversorgung. Die unterschiedlichen Ergebnisse der chemischen Nadelanalysen von Probebäumen, die auf Standorten mit vergleichbaren Bodenvorräten stocken, scheinen die Untersuchungsergebnisse über die Beeinflussung der Nährelementsituation durch Wurzelschädigungen bzw. Schädigungen des Transportsystems zu bestätigen. Nur durch Bodendüngungen, nicht aber durch Blattdüngungen, konnte die Stickstoff- und Kaliumversorgung verbessert werden.

Schlüsselworte: Chemische Nadelanalyse, Fichte, Schwefel, Nährelemente, Düngung

Abstract: [Supply of spruce needles with sulfur and nutrients in the gleinalm area]. To determine the causes of damage in the area of the Gleingraben/ Styria, and then to check the effect of fertilization, samples of spruce needles that had been taken in every autumn between 1985 and 1992 were examined for their pollutant (sulfur) and nutrient contents (N, P, K, Ca, Mg). The results were as follows: During the entire period of observation sulfur pollution was found in the area of the Gleinalm, however, only over small areas and to a degree which, according to the figures determined since 1985, cannot be regarded as a cause of damage. During the entire period the trees that had not been treated suffered especially from a deficient or insufficient supply with nitrogen and potassium, and of an insufficient supply with calcium and magnesium. The different results of the chemical analyses of needles from sample trees growing on sites with comparable soils seem to confirm the results about the impact of root damage and/or damage of the transportation systems on the nutrient situation. The supply with nitrogen and potassium could be improved only through fertilization of the soil, not through fertilization of the leaves.

1. Einleitung

Im Rahmen der Untersuchungen im Gleinalmgebiet, wurden ab 1985 chemische Nadelanalysen für die Beurteilung der Nährelementsituation durchgeführt, da das Schadensbild (DONAUBAUER 1989) dem von mehreren Schadensfällen in der BRD glich und eine Störung im Nährstoffhaushalt zu vermuten war (BOSCH et al. 1983, HÜTTL 1987, REEMTSMA 1986, REHFUESS 1983, ZECH und POPP 1983, ZÖTTL 1987, ZÖTTL und MIES 1983, ZÖTTL und HÜTTL 1985).

Nach den Ergebnissen der chemischen Nadelanalysen der Jahre 1985 bis 1987 (STEFAN 1989) und 1985 bis 1989 (STEFAN 1991) bestand folgende Situation:

- Lokal war es zu Überschreitungen der maximalen natürlichen Schwefelgehalte gekommen.
- Häufig wurde Stickstoff- und teilweise Kaliummangel festgestellt, sowie eine nicht ausreichende Calcium- und Magnesiumversorgung, während hinsichtlich Phosphor unter den analysierten Elementen die günstigste Versorgung bestanden hatte.
- In den Jahren 1987 bis 1989 bzw. 1988 und 1989 war es insofern zu einer Verbesserung gekommen, als die Zahl der Probestämme mit Nährelementquotienten im harmonischen Bereich zunahm.
- Die 1989 durchgeführten Bodendüngungen hatten zu einer Verbesserung der Stickstoff- und Kaliumversorgung geführt, während bei den 1986 und 1987 aviotechnisch gedüngten Probestämmen des Kontrollnetzes keine Verbesserungen nachzuweisen waren.

Im folgenden Bericht wird die Entwicklung der Nährelementversorgung für das Kontrollnetz und die Düngungsflächen in den Forstbetrieben Hatschek bzw. Liechtenstein/Waldstein bis 1992 behandelt.

2. Probengewinnung, Analyseverfahren und Datenbeurteilung

Die Gewinnung der Astproben für die chemischen Nadelanalysen wurde durch die Fachabteilung für das Forstwesen des Amtes der steiermärkischen Landesregierung gemäß den Bestimmungen der "Zweiten Verordnung gegen forstschädliche Luftverunreinigungen" jeweils im Herbst vorgenommen.

Die Stickstoffgehalte der Nadelproben wurden maßanalytisch nach Kjeldahlaufschluß bestimmt, die übrigen Hauptnährelemente aus nassen Aufschlüssen mit Hilfe der Atom-Absorptions-Spektralanalyse bzw. photometrisch. Die Schwefelbestimmungen erfolgten mit Schwefelanalysatoren LECO SC 132 bzw. SC 432, wobei die Geräteparameter so gewählt wurden, daß die Vergleichbarkeit mit den Grenzwerten der "Zweiten Verordnung" gewährleistet ist. Für die Beurteilung der Nährstoffversorgung an Hand der chemischen Nadelanalyseresultate des Nadeljahres 1989 (im Entnah-

Tabelle 1: Beurteilungswerte der Nährelementversorgung (Nadeljahrgang 1)

Nährstoffversorgung	% N	% P	% K	% Ca	% Mg
(1) mangelhaft	≤1.30	≤0.11	≤0.33	≤0.10	≤0.07
(2) nicht ausreichend	1.31	0.12	0.34	0.11	0.08
	-1.50	-0.13	-0.42	-0.36	-0.11
(3) ausreichend	>1.50	>0.13	>0.42	>0.36	>0.11

Die Beurteilung der Schwefelwerte erfolgte nach den Werten in Tabelle 2 und wenn auch der zweite Nadeljahrgang analysiert wurde, auch noch nach den Werten in Tabelle 3. Um differenziertere Aussagen treffen zu können wurden die Bereiche unterhalb und oberhalb des maximalen natürlichen Schwefelgehaltes bei beiden Nadeljahrgängen unterteilt.

Tabelle 2:

Grenzen für die Klassifizierung der Schwefelgehalte der Nadeljahrgänge 1 und 2

Klasse	% S im Nadeljahrgang	
	1	2
1	<0.081	<0.101
2	0.081-0.110*	0.101-0.140*
3	0.111-0.150	0.141-0.190
4	>0.150	>0.190

*Grenzwerte der zweiten Verordnung gegen forstschädliche Luftverunreinigungen

Tabelle 3:

Grenzen für die Schwefel-Gesamtklassifikation an Hand der Klassensummen der Nadeljahrgänge 1 und 2

Gesamtklassifikation der NJ 1+2	Summe der Klassenwerte
1	2
2	3 und 4
3	5 und 6
4	7 und 8

3. Ergebnisse und Besprechung

3.1 Kontrollnetz Glein

3.1.1 Probenmaterial

Das 1985 eingerichtete Kontrollnetz umfaßte im ersten Untersuchungsjahr 32 Probestämme und wurde 1986 auf 47 Probestämme ausgedehnt. Für einen Vergleich der Analyseergebnisse der Jahre 1985 bis 1992 stehen die Werte von 20 identen Probestämmen ("Netz 85") und für die Jahre 1986 bis 1992 die von 30 identen Probestämmen ("Netz 86") zur Verfügung. Von den 20 Probestämmen des "Netzes 85" blieben 14 und von den 30 Probestämmen des "Netzes 86" 10 über die gesamte

Bäume auf vier weitere Düngungsvarianten (Harnstoff + Wuxal 1986/87, Nitramoncal 1986, Fattinger Blattdünger 1987, BASF-Blattdünger 1987).

Um trotz der geringen Probestaumzahl bei den einzelnen Behandlungsvarianten verbesserte Informationen über die Nährelementversorgung beziehungsweise Störungen des nadeljahrgangsweisen Verlaufs der Nährelementgehalte und die Wirksamkeit der ab 1986 vorgenommenen Düngungsmaßnahmen zu erhalten, wurden die Gehalte der Hauptnährelemente N, P, K, Ca und Mg nicht nur im Nadeljahrgang 1, sondern auch im Nadeljahrgang 2 analysiert.

Die Einzelwerte der Probestämme des Kontrollnetzes in den Jahren 1985 oder 1986 bis 1992 beziehungsweise das Probestaualter und die Seehöhe der Probestpunkte sowie die an den einzelnen Probestpunkten ausgebrachten Düngerarten sind im Anhang ausgewiesen.

3.1.2 Kontrollnetz - Schwefelmissionseinwirkungen

Nachdem es von 1989 auf 1990 bei den Bäumen der "Netze 85 bzw. 86" in beiden Nadeljahrgängen zu einer deutlichen Abnahme der mittleren Schwefelgehalte gekommen war, stiegen diese Werte 1991 bzw. 1992 wieder auf das Niveau von 1989 (siehe Tabelle 4 und 5). Bei einer Klassifizierung der Schwefelgehalte nach den Bestimmungen der "Zweiten Verordnung gegen forstschädliche Luftverunreinigungen" kam es 1990 zum günstigsten Ergebnis im Verlauf der Untersuchungen. In den Jahren 1991 und 1992 kam es dagegen wieder relativ häufiger zu Grenzwertüberschreitungen und zu einem deutlichen Rückgang bei der Zahl von Probestämmen mit Einstufungen in die Gesamtklassifikation 1 (siehe Tabelle 4 und 6). Die sich 1989 andeutende und 1990 eingetretene Verbesserung erfuhr in den folgenden zwei Jahren keine Fortsetzung, sondern es folgte vielmehr wieder eine Verschlechterung, wie aus den folgenden gewichteten Jahresmitteln der Klassifikationswerte (der Tabellen 4 und 6) zu ersehen ist:

Jahr	Netz 85 (n=20)	Netz 86 (n=30)
1985	2.000	-
1986	2.000	2.033
1987	1.850	1.900
1988	2.200	2.167
1989	2.000	2.067
1990	1.700	1.667
1991	2.150	2.167
1992	2.050	2.067

3.1.3 Kontrollnetz-Nährelementversorgung der ungedüngten Probebäume

3.1.3.1 Nährelementgehalte

Sowohl beim "Netz 85" (siehe Tabelle 7) als auch beim erweiterten "Netz 86" (siehe Tabelle 9) kam es nur im Jahre 1991 wieder zu einer relativ besseren Versorgung mit Stickstoff, wodurch bei den Mittelwerten in etwa wieder das Niveau der Jahre 1985, 1986 bzw. 1988 erreicht wurde. Zieht man für die Beurteilung der zeitlichen Entwicklung nicht die Mittelwerte der Einzeljahre sondern gleitende 2-Jahresmittel heran, so kam es 1989/90 bei beiden Netzen mit 1.242 % N bzw. 1.231 % zu den ungünstigsten Ergebnissen, von denen dann 1990/91 und 1991/92 wieder Zunahmen in etwa auf die Werte von 1986/87 bis 1988/89 folgten. Eine Verbesserung der Versorgung mit Stickstoff - geschweige denn die Gefahr einer Stickstoff-Eutrophierung - ist aus den Ergebnissen für den Untersuchungszeitraum nicht abzulesen.

Die Phosphor-Mittelwerte, die bereits von 1988 auf 1989 deutlich abgesunken waren, erfuhren bei beiden Netzen 1990 noch eine weitere Absenkung, die sich bei den ungedüngten Bäumen des "Netzes 85" auch noch 1991 fortsetzte. Beim "Netz 86" kam es bereits ab 1991 zu ständigen Anstiegen der Mittelwerte, beim "Netz 85" erst 1992. Zieht man auch hier wieder die gleitenden 2-Jahresmittel für die Beurteilung der zeitlichen Entwicklung heran, so bestand bei beiden Netzen 1988/89 mit 0.180 bzw. 0.182 % P das beste Ergebnis im Verlauf der Untersuchung. Das gleitende 2-Jahresmittel sank daran anschließend beim "Netz 85" ständig bis 1990/91 und beim "Netz 86" auf idente Werte für 1989/90 und 1990/91 ab; 1991/92 kam es dann wieder zu einer deutlichen Zunahme, wodurch das günstigste Ergebnis von 1988/89 aber nicht ganz erreicht wurde.

Bis 1988 war es bei den Kalium-Mittelwerten zu einer Zunahme auf den höchsten Wert im Untersuchungszeitraum gekommen. In den folgenden drei Jahren nahmen die Werte dann aber - vor allem von 1990 auf 1991 - ab, um 1992 wieder in etwa das Niveau - von 1990 anzusteigen. Im Verlauf der sieben bzw. acht Untersuchungsjahre wies das "Netz 85" im Jahre 1985 und das "Netz 86" im Jahre 1991 den geringsten Kalium-Mittelwert auf.

Nach den Ergebnissen der gleitenden 2-Jahresmittel der Kalium-Mittelwerte kam es bei beiden Netzen bis 1988/89 zu einer ständigen Verbesserung der Kaliumversorgung, der dann bis 1991/92 aber eine ständige Verschlechterung folgte. Die bis 1989 begründete Hoffnung, daß sich die Versorgung mit Kalium - dem Element, bei dem nach Stickstoff am häufigsten Mangel zu konstatieren gewesen war - weiter verbessern würde, erfuhr durch die Ergebnisse der Jahre 1990 bis 1992 keine Bestätigung.

Nach den Ergebnissen der Mittelwerte der chemischen Nadelanalysen bestand bei Calcium eine zu Kalium verschiedene Entwicklung der Versorgung: Bei beiden Netzen kam es 1987 zum ungünstigsten und im letzten Untersuchungsjahr 1992 zum günstigstem Resultat. Während zwischen den Mittelwerten der Einzeljahre mehr oder

Bei Magnesium kam es bei beiden Netzen zu relativ starken Fluktuationen der Mittelwerte von Jahr zu Jahr, wobei bei beiden Netzen 1986 der höchste Mittelwert zu konstatieren war. Auch bei Magnesium kam es nach den gleitenden 2-Jahresmitteln von 1990/91 und 1991/92 am Ende des Untersuchungsraumes gegenüber den vorangegangenen Jahren zu einer Verbesserung der Versorgung.

3.1.3.2 Beurteilung der Nährelementgehalte (Klassifikation)

Wie aus den Tabellen 8 und 10 zu ersehen ist, kam es bei den ungedüngten Probestämmen der Kontrollnetze am häufigsten zu Mangel an Stickstoff. Beim "Netz 85" wiesen von 1985 bis 1992 zwischen 50 und 79 Prozent der Probestämme und beim "Netz 86" von 1986 bis 1992 zwischen 42 und 74 Prozent der Probestämme Stickstoff-Mangel auf. In den drei letzten Untersuchungsjahren lagen die Anteile der Bäume mit Stickstoff-Mangel beim "Netz 85" zwischen 57 und 79 Prozent und beim "Netz 86" zwischen 47 und 74 Prozent. Eine Verbesserung der Stickstoffversorgung deutet sich auch nach den Klassifikationsergebnissen nicht an.

Bei Kalium, dem Element bei dem bei den ungedüngten Bäumen der Kontrollnetze nach Stickstoff am häufigsten Mangel festzustellen war, kam es - wie aus den im folgenden angeführten gewichteten Mitteln der Klassifikationswerte zu ersehen ist - in den letzten zwei Untersuchungsjahren wieder zu einer deutlichen Verschlechterung, nachdem 1990 die günstigsten Resultate hinsichtlich der Versorgung mit Kalium festzustellen gewesen waren:

Kalium - gewichtete Mittel der Klassifikationswerte		
Jahr	Netz 85 (n=14)	Netz 86 (n=19)
1985	1.929	-
1986	2.214	2.368
1987	2.143	2.158
1988	2.286	2.474
1989	2.286	2.421
1990	2.357	2.474
1991	1.857	2.158
1992	2.143	2.211

Bei Magnesium war nur in zwei Jahren vereinzelt Mangel festzustellen. Im Gegensatz zu Kalium deutete sich bei Magnesium in den letzten zwei Jahren wieder eine Verbesserung an, wie aus den folgenden Auflistungen der gewichteten Mittel der Klassifikationswerte zu ersehen ist:

Magnesium - gewichtete Mittel der Klassifikationswerte		
Jahr	Netz 85 (n=14)	Netz 86 (n=19)
1985	1.929	-
1985	2.357	-
1986	2.643	2.579
1987	2.286	2.421
1988	2.571	2.632
1989	2.429	2.368
1990	2.357	2.316
1991	2.429	2.474
1992	2.500	2.526

Bei Phosphor und Calcium kam es 1992 bei beiden Netzen zum günstigsten bzw. wieder zum günstigsten Ergebnis im Verlauf der sieben bzw. acht Untersuchungsjahre.

3.1.3.3 Kontrollnetz - "Netz 86"

Nährelementquotienten der ungedüngten Probestämme

Für die Beurteilung der Nährelementsituation wurde neben der Klassifizierung der Nährelementgehalte nach den in Tabelle 1 angeführten Werten beim "Netz 86" auch geprüft, in welchem Umfang nach den Ergebnissen der Nährelementquotienten eine "harmonische" Ernährung gegeben ist, beziehungsweise ob und in welchem Umfang während des Untersuchungszeitraumes Änderungen eingetreten sind (HÜTTL 1985). In Tabelle 11 sind die Bereiche und Mittelwerte der Stickstoffquotienten, sowie des K/Ca-, K/Mg- und Ca/Mg-Verhältnisses für 1986 bis 1992 ausgewiesen. Die Mittelwerte der einzelnen Nährelementquotienten lagen bis auf drei Ausnahmen (Ca/Mg 1987, N/K 1991, N/P 1992) von 1986 bis 1992 in den "harmonischen" Bereichen, wobei für die Beurteilung wurden folgende Bereiche als "harmonisch" angenommen wurden:

N/P	7.01 - 10.00
N/K	1.01 - 3.00
N/Ca	2.01 - 7.00
N/Mg	8.01 - 14.00
K/Ca	0.81 - 2.40
K/Mg	2.21 - 6.40
Ca/Mg	2.51 - 5.00

Eine bessere Beurteilung der Nährelementquotienten erlauben die in Tabelle 12 ausgewiesenen Häufigkeitsverteilungen der Einzelbaumwerte auf den harmonischen Bereich und seine Unter- bzw. Überschreitungen. Bei den Nährelementverhältnissen N/P, N/K und Ca/Mg kam es häufiger zu "Ausreißern" aus den harmonischen

N/P	57.9 %
N/K	53.4 %
N/Ca	94.7 %
N/Mg	63.2 %
K/Ca	82.0 %
K/Mg	81.2 %
Ca/Mg	54.9 %

Während bei den N/P- und Ca/Mg-Verhältnissen die mittleren Anteile der Unterschreitungen des harmonischen Bereiches die Überschreitungen deutlich überwogen, war es beim N/K-Verhältnis umgekehrt. Bis auf zwei Ausnahmen - N/K und Ca/Mg - lagen die mittleren Anteile der letzten drei Untersuchungsjahre (1990 bis 1992) in derselben Größenordnung wie die oben angeführten mittleren Anteile der sieben Untersuchungsjahre. Im Zusammenhang mit der Verschlechterung der Kalium-Versorgung sank der mittlere Anteil im harmonischen N/K-Bereich auf 21 Prozent ab; der mittlere Anteil im harmonischen Ca/Mg nahm dagegen auf rund 65 Prozent zu.

3.1.3.4 Kontrollnetz - "Netz 86"

Nährelementversorgung/Höhenlage und Alter

Auf Grund der erheblichen Höhendifferenzen im Kontrollnetz (1030 bis 1630 Meter) und des unterschiedlichen Alters (80 bis 150 Jahre) wurden die Nährelementdaten auch nach Höhenlagen und Baumalter für den gesamten Untersuchungszeitraum ausgewertet, um einen Einblick in die Bedeutung dieser beiden Faktoren auf den Ernährungszustand der Fichte im Untersuchungsgebiet zu gewinnen.

3.1.3.4.1 Höhenlage

Um eine in etwa gleiche "Verteilung" zu erhalten, wurde eine Aufteilung in zwei Gruppen - bis 1400 Meter (Höhenstufe 1) und über 1400 Meter (Höhenstufe 2) - vorgenommen.

Nährelementgehalte

Die Mittelwerte von Calcium bzw. Magnesium lagen in allen sieben Jahren in der Höhenstufe 1 über denen der Höhenstufe 2 und bei Kalium traf dies auch für 5 Untersuchungsjahre zu (siehe Tabelle 13). Bei Stickstoff übertrafen dagegen die Mittelwerte der Höhenstufe 2 häufiger die der Höhenstufe 1, während bei Phosphor beide Höhenstufen gleich oft den höheren Wert aufwiesen und in einem Jahr praktisch gleich waren. Während die Mittelwerte der beiden Höhenstufen bei Stickstoff idente Abfolgen von Zu- oder Abnahmen von Jahr zu Jahr aufwiesen, traf dies bei den anderen Elementen - vor allem bei Calcium - nicht zu.

Zwischen den beiden Höhenstufen bestanden bei Kalium und Calcium insofern Unterschiede, daß in der Höhenstufe 1 die Differenzen zwischen den höchsten und

Im Mittel der 7 Jahre lagen die Kalium-, Calcium- und Magnesiumgehalte in der Höhenstufe 1 über denen der Höhenstufe 2.

Beurteilung der Nährelementgehalte (Klassifikation)

Berücksichtigt man die unterschiedliche Besetzung der beiden Höhenstufen, dann bewegte sich der Anteil der Bäume mit Stickstoff-Mangel in der Höhenstufe 1 zwischen 46 und 82 Prozent (Mittel 64 Prozent, Maximum 1992) und in der Höhenstufe 2 zwischen 38 und 88 Prozent (Mittel 61 Prozent, Maximum 1989).

Deutlichere Unterschiede bestanden zwischen den beiden Höhenstufen beim Kalium-Mangel. Während der Anteil der Bäume mit Kalium-Mangel in der Höhenstufe 1 zwischen 9 und 46 Prozent lag (Mittel 25 Prozent, Maximum 1987), bewegte sich der entsprechende Anteil in der Höhenstufe 2 zwischen Null und 37 Prozent (Mittel 9 Prozent, Maximum 1991). Wie aus Tabelle 14 zu ersehen ist, wies in der Höhenstufe 2 in 4 der 7 Untersuchungsjahre kein Baum Kalium-Mangel auf.

Der Anteil der Bäume mit einer ausreichenden Kalium-Versorgung war aber im Mittel in der Höhenstufe 1 mit 50 Prozent (36 bis 73 Prozent) größer als in der Höhenstufe 2 mit 43 Prozent (25 bis 50 Prozent).

Wesentlich größere Unterschiede ergaben sich zwischen den beiden Höhenstufen bei den Anteilen mit einer ausreichenden Calcium- und Magnesiumversorgung. Im Mittel der 7 Jahre lag der Anteil der Bäume mit einer ausreichenden Calcium-Versorgung in der Höhenstufe 1 bei rund 43 Prozent (18 bis 82 Prozent zwischen 1986 und 1992) und in der Höhenstufe 2 bei rund 23 Prozent (Null bis 38 Prozent zwischen 1986 und 1992). Die größten Unterschiede bestanden aber zwischen den zwei Höhenstufen bei den mittleren Anteilen mit einer ausreichenden Magnesiumversorgung: Während dieser Anteil in der Höhenstufe 1 rund 60 Prozent (46 bis 73 Prozent zwischen 1986 und 1992) betrug, lag er in der Höhenstufe 2 nur bei rund 36 Prozent (25 bis 50 Prozent zwischen 1986 und 1992).

Der mittlere Anteil mit einer ausreichenden Phosphorversorgung betrug in den beiden Höhenstufen rund 90 bzw. 91 Prozent, wobei die Jahreswerte zwischen 64 und 100 Prozent (Höhenstufe 1) bzw. 75 und 100 Prozent (Höhenstufe 2) schwankten.

Wie aus Tabelle 15, in der die Häufigkeitsverteilungen der "Mangeltypen" für die beiden Höhenstufen ausgewiesen sind, zu ersehen ist, wies die Höhenstufe 1 im Mittel vor allem einen wesentlich höheren Anteil beim Mangeltyp NK als die Höhenstufe 2 auf (Höhenstufe 1 rund 17 Prozent; Höhenstufe 2 rund 5 Prozent).

Nachdem sich für die Höhenstufe 1 in den Jahren 1988 und 1989 eine Verbesserung der Nährelementversorgung in Form einer Zunahme der Zahl von Bäumen ohne Mangel angedeutet hatte, ging diese in den letzten drei Untersuchungsjahren wieder etwas zurück. In der Höhenstufe 2 wiesen demgegenüber in den letzten drei Jahren mehr Bäume als 1989 keinen Mangel auf.

Nährelementverhältnisse

Wie aus Tabelle 16 zu ersehen ist, wies die Höhenstufe 2 beim Quotienten N/P, vor allem aber bei den K/Ca- und K/Mg-Verhältnissen im Mittel deutlich höhere Anteile im harmonischen Bereich als die Höhenstufe 1 auf. Während der mittlere Anteil von N/Mg-Verhältnissen im harmonischen Bereich in beiden Höhenstufen praktisch gleich war, bestand zwischen den beiden Höhenstufen insofern ein Unterschied, daß bei den nicht im harmonischen Bereich liegenden Werten in der Höhenstufe 1 Werte unterhalb und in der Höhenstufe 2 Werte oberhalb des harmonischen Bereichs deutlich überwogen. In beiden Höhenstufen kam es in den letzten zwei Jahren zu einem Rückgang des Anteils mit einem "harmonischen" N/K-Verhältnis.

3.1.3.4.2 Baumalter

Nährelementgehalte

Die Kaliummittelwerte der älteren Bäume lagen in allen 7 Jahren mehr oder minder deutlich unter den Werten des "jüngeren" Kollektivs (siehe Tabelle 17). Bei den Phosphor- und Magnesiummittelwerten traf dies in 6 und bei den Calciummittelwerten in 5 Jahren zu.

Nur bei Phosphor bestand bei beiden Altersgruppen eine idente Abfolge von Zu- bzw. Abnahmen von Jahr zu Jahr.

Die mittleren Veränderungen von Jahr zu Jahr waren in der Altersgruppe 2 bei Phosphor, Calcium und Magnesium größer als bei der Gruppe der jüngeren Bäume.

Im Mittel der sieben Jahre lagen die Phosphor-, Magnesium- und vor allem die Kaliumgehalte der Altersgruppe 1 über denen der Altersgruppe 2, während die mittleren Stickstoff- und Calciumgehalte nur um 1 bzw. 2 rel. Prozent differierten.

Beurteilung der Nährelementgehalte (Klassifikation)

Wie aus Tabelle 18 zu ersehen ist, wiesen die Bäume der Altersgruppe 1 im Durchschnitt der 7 Untersuchungsjahre weniger oft als die Altersgruppe 2 einen Kaliummangel auf (16 Prozent gegenüber 21 Prozent); der mittlere Stickstoffmangel lag in der Altersgruppe 2 auf Grund des günstigen Ergebnisses von 1991 nur geringfügig über dem der Altersgruppe 1.

Wesentlich deutlicher als beim mittleren Kaliummangel unterschiedlich sich die beiden Altersgruppen in den mittleren Anteilen mit einer ausreichenden Kaliumversorgung; während dieser Anteil in der Altersgruppe 1 bei rund 59 Prozent lag, lag er in der Altersgruppe 2 nur bei rund 35 Prozent. Zwischen den beiden Altersgruppen bestanden bei den mittleren Anteilen mit einer ausreichenden Stickstoff-, Phosphor-, Calcium- und Magnesiumversorgung nur geringe Unterschiede (allerdings mittlerer Anteile einer ausreichenden Versorgung bei N, P und Mg in der Altersgruppe 1 größer als in der Altersgruppe 2 und bei Ca in der Altersgruppe 1 kleiner als in der Altersgruppe 2).

Wie aus Tabelle 19 in der die Häufigkeitsverteilung der "Mangeltypen" für die bei-

32 Prozent/Altersklasse 2). Während in der Altersklasse 1 die mittleren Anteile mit alleinigem Stickstoff- oder Kaliummangel über den entsprechenden Werten der Altersklasse 2 lagen, wies diese einen deutlich höheren mittleren Anteil mit Mangel an Stickstoff + Kalium auf.

Nährelementverhältnisse

Zwischen den beiden Altersgruppen bestehen bei einem Teil der Nährelementquotienten mehr oder minder große Unterschiede (siehe Tabelle 20). Die Altersgruppe 1 wies im Mittel der 7 Untersuchungsjahre bei den N/K- und K/Ca-Verhältnissen höhere Anteile im harmonischen Bereich als die Altersgruppe 2 auf; bei den N/P- und K/Mg-Verhältnissen war es dagegen umgekehrt, wie aus der folgenden Auflistung der mittleren Anteile (gerundet) im harmonischen Bereich für die 4 Quotienten zu ersehen ist:

	Altersgruppe	
	1 (<100a)	2 (>100a)
N/P	47	70
N/K	63	43
K/Ca	86	78
K/Mg	76	86

Bei den anderen Quotienten bestanden dagegen vergleichsweise nur geringe Unterschiede bei den mittleren Anteilen im harmonischen Bereich zwischen den beiden Altersgruppen. Bei den N/Mg- bzw. K/Ca-Verhältnissen ergaben sich aber insofern Unterschiede zwischen den beiden Altersgruppen, daß beim N/Mg-Verhältnis in der Altersgruppe 1 die Anteile von Unterschreitungen des harmonischen Bereichs wesentlich häufiger als Überschreitungen waren, was in der Altersgruppe 2 umgekehrt war. Beim K/Ca-Verhältnis überwogen in der Altersgruppe 1 - im Gegensatz zur Altersgruppe 2 - die Anteile der Überschreitungen des harmonischen Bereichs die Unterschreitungen.

3.1.3.5 Kontrollnetz - "Netz 86"

Nährelementgehalte im Nadeljahrgang 2 der ungedüngten Probestämme

Durch die Analysierung der Nährelementgehalte im Nadeljahrgang 2 sollte geprüft werden ob Abweichungen vom "normalen" jahrgangsweisen Verlauf - Stickstoff, Phosphor, Kalium mit zunehmenden Nadelalter abnehmend; Calcium mit zunehmenden Nadelalter zunehmend; Magnesium indifferent - bestehen.

3.1.3.5.1 Nährelementgehalte

Die Mittelwerte der Quotienten der beiden Nadeljahrgänge entsprechen in allen Untersuchungsjahren den in der Literatur enthaltenen Angaben über jahrgangsbedingte Unterschiede (HÖLNE 1969). Bei einzelnen ungedüngten Bäumen wies aber

Der Gradient zwischen den beiden Nadeljahrgängen war bei Calcium mit 1.68 im Mittel der sieben Untersuchungsjahre am stärksten ausgeprägt, gefolgt von Phosphor und Kalium mit mittleren Quotienten von 0.79 bzw. 0.81; der Mittelwert der N₂:N₁-Quotienten lag dagegen nur bei 0.90 und der Mittelwert der Mg₂:Mg₁-Quotienten bei 1.01.

3.1.3.5.2 Höhenlage

Wie aus Tabelle 22 zu ersehen ist, kam es in der Höhenstufe 2 zu wesentlich größeren Schwankungen der N₂:N₁-Quotienten als in der Höhenstufe 1 und in den letzten zwei Untersuchungsjahren wieder zu größeren Unterschieden zwischen den Stickstoffgehalten der zwei Nadeljahrgänge. Auch die K₂ :K₁-Quotienten wiesen in der Höhenstufe 2 eine größere Bandbreite als in der Höhenstufe 1 auf, während es bei den P₂ : P₁- Quotienten umgekehrt war. Im Mittel der 7 Jahre waren die Nadeljahrgangsquotienten bei Stickstoff, Phosphor und Kalium in beiden Höhenstufen gleich; bei den Ca₂ : Ca₁-Quotienten wies die Höhenstufe 2 im Mittel einen etwas höheren Wert auf, was bei den Mg₂ : Mg₁ - Quotienten auf die Höhenstufe 1 zutraf.

3.1.3.5.3 Baumalter

Auch zwischen den zwei Altersgruppen bestanden im Mittel der 7 Jahre bei den Nadeljahrgangsquotienten bei Stickstoff, Phosphor und Kalium praktisch keine Unterschiede. Sowohl bei Calcium als auch bei Magnesium wies die Altersgruppe 2 im Mittel aber etwas höhere Nadeljahrgangsquotienten auf. Nur in den Bandbreiten der K₂:K₁Quotienten, die in der Altersgruppe 2 größer war, bestanden Unterschiede (siehe Tabelle 23).

3.1.4 Kontrollnetz - Wuxaldüngung

Wie aus den Tabelle 24, 25, 28 und 29 zu ersehen ist, kam es durch die Düngung mit Wuxal bei den beprobten Bäumen kaum zu positiven Veränderungen gegenüber den ungedüngten Kontrollkollektiven. Bezogen auf die Werte von 1985 (vor der Düngung) wiesen die 1986 mit Wuxal gedüngten Bäume im siebenjährigen Mittel bei allen Elementen eine schlechtere Nährelementversorgung auf und lagen bei allen Elementen unter den entsprechenden Ergebnissen der Kontrollbäume des "Netzes 85". Ob und in welchem Umfang dafür die Tatsache maßgeblich war, daß die 1986 bzw. 1986 und 1987 mit Wuxal gedüngten Bäume bereits zu Versuchsbeginn eine günstigere Nährelementversorgung aufwiesen als die ungedüngt gebliebenen Bäume des Kontrollnetzes (vgl. Tabellen 8 bzw. 10 mit Tabellen 28 und 29), kann nicht beurteilt werden.

Wie aus den Tabellen 26 und 27, in denen die Häufigkeitsverteilungen der "Mangeltypen" ausgewiesen wurden, zu ersehen ist, wiesen bei den Wuxal gedüngten Bäumen im letzten bzw. in den zwei letzten Untersuchungsjahren alle Bäume einen Mangel an Stickstoff auf

ähnliche "Auslenkungen" aus den harmonischen Bereichen. Der Rückgang der N/P-Quotienten im harmonischen Bereich fiel bei den gedüngten Bäumen 1992 aber wesentlich stärker aus als bei den ungedüngten Bäumen aus. Auf der Gegenseite wiesen 1992 alle gedüngten Bäume Ca/Mg-Quotienten im harmonischen Bereich auf, was bei den ungedüngten Bäumen, trotz der deutlichen Verbesserung gegenüber Versuchsbeginn, nicht der Fall war (vgl. Tabelle 16 und Tabelle 30).

3.2 Düngungsflächen 1989

Zur Dokumentation der Ausgangslage der Nährelementversorgung und zur Planung der für 1989 vorgesehenen Düngung wurde 1988 mit der Untersuchung von zwei Düngungsversuchsflächen in den benachbarten Forstbetrieben Hatschek und Liechtenstein/Waldstein begonnen. In der FV Hatschek wurde dafür von sechs und in der FV Liechtenstein/Waldstein von 9 Probestämmen 1988 erstmals Astmaterial gewonnen und die jährlichen Entnahmen bis 1992 fortgesetzt. Auf beiden Versuchsflächen blieben je 3 Bäume ungedüngt; auf der Versuchsfläche Liechtenstein/Waldstein wurde die gedüngte Fläche in zwei Teilflächen am Ober- bzw. Unterhang unterteilt. Die Düngung erfolgte auf beiden Versuchsflächen im Frühjahr 1989 mit 2000 kg BASF-Spezialdünger/ha (N/K/Ca/Mg:4/11/16/18). Die Ergebnisse der chemischen Nadelanalysen im Nadeljahrgang 1 und 2 sind einzelbaumweise im Anhang ausgewiesen.

3.2.1 "Düngungsversuchsfläche 1989" - FV Hatschek

3.2.1.1 Nährelementgehalte im Nadeljahrgang 1 und Klassifikation der Nährelementgehalte

Stickstoff

Der mittlere Stickstoffgehalt der sechs Probestämme im Nadeljahrgang 1 lag 1988 bei 1.260 %N; die Bandbreite der Einzelbaumwerte lag zwischen 1.13 und 1.41 %N. Wie aus Tabelle 31 zu ersehen ist, wiesen die für die Düngung im Jahre 1989 vorgesehenen Bäume im Mittel im Jahre 1988 einen geringeren Stickstoffgehalt als die Kontrollbäume auf. Bei einer Beurteilung nach den in Tabelle 1 angeführten Werten bestand 1988 bei je der Hälfte der Probestämme entweder eine mangelhafte oder eine nicht ausreichende Versorgung mit Stickstoff (siehe Tabelle 32).

Während es bei den Kontrollbäumen 1989 zu einer Abnahme des mittleren Stickstoffgehaltes kam, stieg der Mittelwert der gedüngten Probestämme deutlich an. Bei Berücksichtigung des 1988 bestehenden Unterschiedes zwischen "Düngungs"- und Kontrollbäumen, waren die mittleren Stickstoffgehalte der gedüngten Probestämme zwischen 1989 und 1992 um rund 10 bis 21 Prozent höher als die jeweiligen Mittelwerte der Kontrolle.

Wie aus Tabelle 32 zu ersehen ist, wies von den gedüngten Bäumen 1989 nur noch einer und in den darauffolgenden zwei Jahren keiner eine mangelhafte Stickstoffversorgung auf. In diesen zwei Jahren kam es bei den ungedüngten Kontrollbäumen dagegen häufiger zu einer mangelhaften Stickstoffversorgung.

Phosphor

Sowohl bei den Kontrollbäumen als auch bei den 1989 gedüngten Bäumen bestand von 1988 bis 1992 immer eine ausreichende Versorgung. Von einem im Mittel etwas tiefer liegenden Wert im Jahre 1988 ausgehend, wiesen die gedüngten Bäume 1990 und 1991 gegenüber den Kontrollbäumen - obwohl nicht mit Phosphor gedüngt worden war - eine Anhebung der Phosphorgehalte auf.

Kalium

Im Gegensatz zu Stickstoff und Phosphor wiesen die beiden Kollektive bereits vor der Düngung einen größeren Unterschied in den mittleren Kaliumgehalten auf, der aber größtenteils nur auf dem Ergebnis eines Baumes beruhte, welcher als einziger im Jahre 1988 ausreichend versorgt war (siehe Tabelle 32). Von den restlichen 5 Bäumen wiesen 1988 dagegen 3 eine mangelhafte und 2 eine nicht ausreichende Versorgung mit Kalium auf. Nach der Düngung waren die mittleren Kaliumgehalte der gedüngten Bäume bis 1992 immer mehr als doppelt so hoch wie die der Kontrollbäume. Unter Berücksichtigung des 1988 bestehenden Unterschiedes kam es bei den gedüngten Bäumen gegenüber den Kontrollbäumen durch die Düngung immer noch zu einer Anhebung der mittleren Kaliumgehalte zwischen 1989 und 1992 um 72 bis 150 Prozent.

Nach den Klassifikationsergebnissen kam es auf der Kontrollfläche von 1989 bis 1991 im Vergleich zu 1988 in der Form zu einer geringen Verbesserung, daß immer nur noch ein Baum Kaliummangel aufwies und 1991 einer eine ausreichende Versorgung; auf der Düngungsfläche wiesen dagegen ab 1989 alle Bäume immer eine ausreichende Versorgung auf und der jeweils tiefste Wert lag ab 1989 immer deutlich über dem Grenzwert für eine ausreichende Versorgung.

Calcium

So wie bei Kalium lag auch bei Calcium der Mittelwert der zu düngenden Probebäume im Jahre 1988 deutlich über dem der Kontrollbäume. Dadurch ergab sich für die Kontrolle 1988 auch ein geringfügig schlechteres Ergebnis bei den Klassifikationsergebnissen nach Tabelle 1.

Zwischen 1989 und 1992 lagen die mittleren Calciumgehalte der gedüngten Bäume zwar in drei Jahren über den Ergebnissen der Kontrollbäume, berücksichtigt man aber den 1988 bestehenden Unterschied, so ergaben sich durch die Düngung keine Anhebungen gegenüber der Kontrolle. Das dokumentiert sich auch darin, daß es auf der Düngungsfläche nur 1989 - als alle Bäume ausreichend mit Calcium versorgt

Magnesium

Ebenso wie beim Kalium und Calcium wiesen die später gedüngten Probestämme auch bei Magnesium im Mittel 1988 einen höheren Wert als die Kontrolle auf. Die Klassifikationsverteilung war aber bei beiden Gruppen im Jahre 1988 dieselbe.

Von 1989 bis 1991 wiesen dann sowohl die Gruppe der gedüngten Bäume als auch die Kontrolle im Mittel geringere Magnesiumgehalte als 1988 auf. Die 1989 gedüngten Probestämme wiesen in allen Jahren bis 1992 im Mittel immer höhere Magnesiumgehalte als die Kontrolle auf; berücksichtigt man aber auch wieder die bereits 1988 bestehende Differenz, so ist nur 1990 und 1992 bei den gedüngten Probestämmen gegenüber der Kontrolle ein Anstieg anzunehmen.

Nach den Klassifikationsergebnissen besteht bei den gedüngten Probestämmen bis 1991 nur eine relative Verbesserung, nämlich im Vergleich zu den Kontrollbäumen.

3.2.1.2 Nährelementverhältnisse

Durch die Düngung kam es gegenüber den Kontrollbäumen bzw. den Werten von 1988 bei den 1989 gedüngten Probestämmen im Zusammenhang mit dem starken Anstieg der Kaliumgehalte der Nadeln vor allem zu starken Veränderungen bei den N/K-, K/Ca- und K/Mg-Verhältnissen (siehe Tabelle 33). Im Mittel von 1989 bis 1992 lag das N/K-Verhältnis bei den 1989 gedüngten Probestämmen 40 Prozent unter ihrem Wert von 1988, während die K/Ca- und K/Mg-Verhältnisse auf das Doppelte anstiegen.

Bei den Kontrollbäumen lag das N/K-Verhältnis im Mittel von 1989 bis 1992 zwar ebenfalls unter dem Ergebnis von 1988, die Abnahme betrug aber nur rund 8 Prozent. Ebenso wie bei den gedüngten Probestämmen kam es auch bei der Kontrolle im Mittel zu einer Zunahme der K/Mg-Verhältnisse, die aber nur rund 20 Prozent ausmachte. Beim mittleren K/Ca-Verhältnis, das durch die Düngung stark anstieg, wiesen die ungedüngten Kontrollbäume eine geringe Abnahme auf. Bei den anderen Nährelementverhältnissen bestand zwischen den beiden Behandlungsgruppen nur noch bei der Veränderung des Ca/Mg-Verhältnisses, das bei der Kontrolle stärker zunahm, ein größerer Unterschied.

Bei beiden Gruppen lagen die Mittelwerte in den einzelnen Jahren bei den N/Ca- und Ca/Mg-Verhältnissen im harmonischen Bereich, während die Mittelwerte der N/P-Verhältnisse bei beiden Gruppen von 1988 bis 1992 unter dem harmonischen Bereich lagen. Deutliche Unterschiede bestanden zwischen den zwei Gruppen bei den Mittelwerten der Einzeljahre bei den N/K-, K/Ca- und K/Mg-Verhältnissen. Auf Grund der nicht ausreichenden Kaliumversorgung lagen die Mittelwerte der N/K-Verhältnisse der Kontrollbäume immer über dem harmonischen Bereich; bei den gedüngten Bäumen lagen die Mittelwerte des K/Ca-Verhältnisses in zwei Jahren und die Mittelwerte der K/Mg-Verhältnisse in vier Jahren zwischen 1989 und 1992 über dem harmonischen Bereich.

Wie aus Tabelle 34. in welcher die Häufigkeitsverteilung der Nährelementkonzentration

ten Probestämme von 1989 bis 1992 immer N/K-Verhältnisse im harmonischen Bereich auf. Bei den K/Ca- und K/Mg-Verhältnissen kam es im Vergleich zu 1988 bzw. zur nach der Düngung im zunehmendem Umfang bis 1991 zu Überschreitungen des harmonischen Bereiches; erst 1992 war wieder eine Zunahme des Anteils von Werten im harmonischen Bereich festzustellen. Darüber hinaus kam es bei den gedüngten Bäumen von 1989 bis 1991 öfter zu Überschreitungen des harmonischen Bereichs der N/Mg-Verhältnisse und 1991 bzw. 1992 zu einer Zunahme von Werten im harmonischen Bereich der N/P-Verhältnisse.

Durch die Düngung kam es nur beim N/K-Verhältnis zu einer anhaltenden Verbesserung und in den letzten Jahren zu einer Verbesserung der N/P-Verhältnisse. Bei den N/Mg-, K/Ca- und K/Mg-Verhältnissen bewirkte die Düngung dagegen eine mehr oder minder starke bzw. andauernde Verschiebung zu Werten oberhalb des harmonischen Bereichs, auf Grund der zumindest bis 1992 geringeren Wirksamkeit der Düngung mit Calcium und Magnesium.

3.2.1.3 Nährelementgehalte im Nadeljahrgang 2

Vor der Düngung wiesen beide Gruppen im Jahre 1988 im Nadeljahrgang 2 - so wie in der Literatur beschrieben - geringere Stickstoff-, Phosphor- bzw. Kaliumgehalte und höhere Calciumgehalte als im Nadeljahrgang 1 auf; bei beiden Gruppen wies der Nadeljahrgang 2 im Jahre 1988 auch einen geringeren Magnesiumgehalt als der Nadeljahrgang 1 auf (siehe Tabelle 35).

Im Mittel der Jahre 1989 bis 1992 verflachte dann der Gradient zwischen den beiden Nadeljahrgängen in beiden Gruppen bei Stickstoff, Phosphor und Kalium, während sich die Unterschiede zwischen den Calciumgehalten der beiden Nadeljahrgänge in beiden Gruppen vergrößerte; bei Berücksichtigung der Resultate von 1988 war dieser Effekt bei den gedüngten Bäumen etwas stärker.

Bei den gedüngten Bäumen kam es auch bei Magnesium im Mittel zu einem geringeren Unterschied zwischen den Nadeljahrgängen; in allen vier Jahren wies in dieser Gruppe aber der Nadeljahrgang 1 im Mittel höhere Magnesiumgehalte als der Nadeljahrgang 2 auf, während dies bei der Kontrolle umgekehrt war. Dies deutet darauf hin, daß die Düngung mit Magnesium nicht unwirksam war, wenngleich das damit angestrebte Ziel einer ausreichenden Versorgung, wie aus den vorher behandelten Daten zu ersehen war, nur teilweise, wenn überhaupt erreicht wurde.

3.2.2 "Düngungsfläche 1989" - FV Liechtenstein-Waldstein

3.2.2.1 Nährelementgehalte im Nadeljahrgang 1 und Klassifikation der Nährelementgehalte

Stickstoff

Wie aus Tabelle 36 zu ersehen ist, lagen die Stickstoffgehalte im Jahre 1988 im

größere Unterschiede bestanden dagegen zwischen den Bäumen des Ober- und Unterhanges. Bei einer Beurteilung nach den in Tabelle 1 angeführten Werten ergab sich 1988 für mehr als die Hälfte der 9 Probestämme eine mangelhafte und für den Rest eine nicht ausreichende Stickstoffversorgung (siehe Tabelle 37).

Ebenso wie auf der "Düngungsfläche 1989" der FV Hatschek kam es auch auf der Düngungsfläche der FV Liechtenstein/Waldstein 1989 beim Mittelwert der Kontrollbäume zu einer Abnahme und bei den gedüngten Bäumen zu einer deutlichen Zunahme der Stickstoffgehalte. Bei Berücksichtigung des 1988 bestehenden Unterschiedes zwischen "Düngungs-" und Kontrollbäumen waren die mittleren Stickstoffgehalte der gedüngten 6 Probestämme zwischen 1989 und 1992 um rund 10 bis 19 Prozent höher als die entsprechenden Mittelwerte der Kontrolle. Die Zunahme des Stickstoffgehaltes gegenüber der Kontrolle um rund 19 Prozent war im Jahr der Düngung - 1989 - vorhanden; in den folgenden drei Jahren betrug sie dann nur noch rund 13, 10 und 12 Prozent. Im Mittel der Jahre 1989 bis 1992 lag die Steigerung des Stickstoffgehaltes in den Nadeln der gedüngten Bäume bei 13,6 Prozent.

Wie ebenfalls aus Tabelle 36 zu ersehen ist, fiel die Steigerung des Stickstoffgehaltes bei den Bäumen auf dem Unterhang wesentlich stärker aus als auf dem Oberhang. Am Unterhang lagen die mittleren Steigerungen von 1989 bis 1992 zwischen rund 15 und 29 Prozent und im Mittel der vier Jahre kam es gegenüber der Kontrolle zu einer Steigerung um 21,3 Prozent; am Oberhang betrugen die mittleren Steigerungen von 1989 bis 1992 dagegen nur rund 2 bis 9 Prozent und das Vierjahresmittel lag bei 5,9 Prozent.

Wie aus Tabelle 37 zu ersehen ist, kam es bei den Kontrollbäumen 1989 und 1990 gegenüber 1988 zu keinen Veränderungen bei den Einstufungen der Stickstoffgehalte nach Tabelle 1; in den letzten zwei Untersuchungsjahren wiesen dann alle Kontrollbäume nach den Ergebnissen der chemischen Nadelanalysen eine mangelhafte Stickstoffversorgung auf. Bei den gedüngten Bäumen (Ober- und Unterhang) kam es bis 1991 - vor allem 1989 und 1990 - zu einer deutlichen Verbesserung der Stickstoffversorgung; während die Verbesserung auf dem Unterhang bis 1991 anhielt, bestand diese auf dem Oberhang nur 1989.

Phosphor

Wie aus Tabelle 37 zu ersehen ist, wiesen bis auf eine Ausnahme alle anderen Probestämme von 1988 bis 1992 immer eine ausreichende Phosphor-Versorgung auf. Im Mittel wiesen die für die Düngung vorgesehenen Bäume 1988 etwas höhere Phosphorgehalte als die Kontrollbäume auf. Von 1989 bis 1992 kam es aber bei den 1989 gedüngten Bäumen, bei Berücksichtigung des 1988 bestehenden Unterschieds, gegenüber den Kontrollbäumen zu geringfügigen Absenkungen der mittleren Phosphorgehalte zwischen rund 1 bis 7 Prozent.

von 1988 lag, war bei den Bäumen des Oberhanges eine Abnahme des mittleren Phosphorgehaltes in den Jahren 1989 bis 1992 gegenüber 1988 festzustellen.

Kalium

Wie aus Tabelle 36 zu ersehen ist, lagen die Kaliumgehalte im Jahre 1988 im Bereich von 0.23 bis 0.89 %K. Im Mittel wiesen die 6 für die Düngung vorgesehenen Bäume eine bessere Versorgung mit Kalium als die Kontrolle auf. Noch größere Unterschiede bestanden dagegen vor der Düngung zwischen den Mittelwerten der Bäume des Ober- und Unterhanges. Bei einer Beurteilung der Kaliumwerte nach den in Tabelle 1 angeführten Werten bestand 1988 bei mehr als der Hälfte der Probestämme eine ausreichende Versorgung; 3 Bäume wiesen eine nicht ausreichende und einer der Kontrollbäume eine mangelhafte Versorgung mit Kalium auf (siehe Tabelle 37).

Während der mittlere Kaliumgehalt der Kontrollbäume bis 1992 ständig abnahm, kam es bei den gedüngten Bäumen bis 1990 zu deutlichen Zunahmen; 1991 und 1992 ging der mittlere Kaliumgehalt dann zwar zurück, lag aber immer noch deutlich über dem Ergebnis von 1988. Bei Berücksichtigung des Unterschieds von "Düngungs-" und Kontrollbäumen im Jahre 1988, waren die mittleren Kaliumgehalte der gedüngten 6 Probestämme von 1989 bis 1992 um rund 76 bis auf mehr als das Doppelte der entsprechenden Mittelwerte der Kontrolle angehoben. Zur stärksten Steigerung des mittleren Kaliumgehaltes gegenüber der Kontrolle kam es 1990; in den folgenden zwei Jahren entsprachen die Steigerungen dann wieder in etwa der Steigerung von 1989. Im Mittel der Jahre 1989 bis 1992 lag die Steigerung des Kaliumgehaltes in den Nadeln der gedüngten Bäume gegenüber der Kontrolle bei fast 90 Prozent.

Wie ebenfalls aus Tabelle 36 zu ersehen ist, fiel die Steigerung des Kaliumgehaltes bei den Bäumen des Unterhanges erheblich stärker als bei denen des Oberhanges aus: Gegenüber der Kontrolle wies das Vierjahresmittel am Unterhang eine Steigerung um rund 112 Prozent und am Oberhang um rund 65 Prozent auf.

Während bei den Kontrollbäumen eine Zunahme des Probebaumanteils mit Kaliummangel ab 1989 bestand, wiesen alle gedüngten Probestämme bis 1991 eine ausreichende Versorgung mit Kalium auf.

Calcium

Die Calciumgehalte der 9 Probestämme lagen 1988 im Bereich von 0.27 bis 0.67 %Ca; der Mittelwert der Kontrollbäume lag etwas über dem der für die Düngung vorgesehenen Bäumen. Ebenso wie bei Kalium bestanden bei den für die Düngung vorgesehenen Bäumen aber deutliche Unterschiede zwischen Ober- und Unterhang im mittleren Calciumgehalt (siehe Tabelle 36). Nach den in Tabelle 1 ausgewiesenen Beurteilungswerten wiesen 1988 bis auf einen Probestamm alle eine ausreichende Versorgung mit Calcium auf (siehe Tabelle 37).

Im Gegensatz zur "Düngungsfläche 1989" in der FV Hatschek kam es in der FV Liechtenstein/Waldstein ab 1990 bei den gedüngten Bäumen gegenüber den Kontroll-

ren Calciumgehalte der gedüngten Probebäume um rund 28 bis 69 Prozent höher als die entsprechenden Mittelwerte der Kontrolle. So wie bei Kalium kam es auch beim Calcium im Jahre 1990 zur stärksten Steigerung des Calciumgehaltes. Im Mittel der Jahre 1989 bis 1992 lag die Steigerung des Calciumgehaltes in den Nadeln der gedüngten Bäume gegenüber der Kontrolle bei 44,9 Prozent. Im Gegensatz zu den anderen Elementen fiel die Steigerung im Mittel von 1989 bis 1992 am Unter- bzw. Oberhang mit 45,7 bzw. 44,5 Prozent fast gleich aus.

Während es bei den gedüngten Bäumen 1989 und 1990 gegenüber 1988 zu keinen Veränderungen des Anteils von Bäumen mit einer ausreichenden Versorgung kam, lag dieser Anteil bei den Kontrollbäumen von 1989 bis 1991 unter dem Ergebnis von 1988. Erst 1992 kam es bei der Kontrolle wieder zu einem günstigeren Resultat; nach einer Verschlechterung im Jahre 1991 wiesen alle gedüngten Bäume 1992 eine ausreichende Versorgung auf.

Magnesium

Die Magnesiumgehalte der 9 Probebäume lagen 1988 zwischen 0,08 und 0,18 % Mg; die Kontrollbäume wiesen im Mittel einen etwas höheren Magnesiumgehalt als die für die Düngung vorgesehenen Bäume auf. Deutlichere Unterschiede bestanden wieder zwischen den Mittelwerten der Probebäume des Unter- und Oberhanges (siehe Tabelle 36). Von den 9 Probebäumen wiesen 1988 etwas mehr als die Hälfte eine ausreichende Versorgung und der Rest eine nicht ausreichende Versorgung mit Magnesium auf.

Ab 1989 wiesen sowohl die gedüngten Bäume als auch die Kontrollbäume im Mittel deutlich geringere Magnesiumgehalte als 1988 auf. Diese Abnahme fiel bei den gedüngten Bäumen merklich schwächer aus, wodurch bei Berücksichtigung des Unterschieds zwischen "Düngungs-" und Kontrollbäumen im Jahre 1988 die mittleren Magnesiumgehalte der gedüngten Probebäume um rund 10 bis 36 Prozent höher als die entsprechenden Werte der Kontrollbäume waren und im Mittel der Jahre 1989 bis 1992 eine Steigerung von rund 23 Prozent zustande kam. Ebenso wie bei Kalium und Calcium war auch bei den Magnesiumgehalten 1990 die größte Steigerung gegenüber der Kontrolle vorhanden. Die Steigerungen fielen bei den Probebäumen des Unterhanges auch wieder stärker aus (Unterhang: Einzeljahre 19 bis 38 Prozent, Vierjahresmittel 27 Prozent; Oberhang: Einzeljahre 2 bis 34 Prozent, Vierjahresmittel 18 Prozent).

Während bei den gedüngten Bäumen von 1989 bis 1991 keine Veränderungen des Anteils von Bäumen mit einer ausreichenden Versorgung eintrat (was sowohl für die Probebäume des Unter- als auch des Oberhanges zutraf), kam es bei den Kontrollbäumen bei einer Beurteilung der Magnesiumgehalte nach den in Tabelle 1 angeführten Werten ab 1989 zu einer Verschlechterung der Magnesiumversorgung.

K/Mg und Ca/Mg-Verhältnissen ab 1989 zu stärkeren Veränderungen im Vergleich zum Resultat von 1988 (siehe Tabelle 38).

Im Mittel von 1989 bis 1992 lag das N/K-Verhältnis bei den gedüngten Bäumen rund 31 Prozent unter dem Ergebnis von 1988, während der entsprechende Mittelwert der Kontrollbäume eine Zunahme um 7 Prozent aufwies. Im Vierjahresmittel wiesen zwar auch die Kontrollbäume eine Zunahme der K/Ca- und K/Mg-Verhältnisse auf, bei den gedüngten Bäumen fiel diese Zunahme aber erheblich stärker aus und erreichte nach Abzug der Steigerung der Kontrolle noch immer 25 Prozent beim K/Ca-Verhältnis und fast 60 Prozent beim K/Mg-Verhältnis. Im Gegensatz zur Versuchsfläche in der FV Hatschek nahm das mittlere Ca/Mg-Verhältnis in der FV Liechtenstein/Waldstein gegenüber 1988 nur bei den gedüngten Bäumen rund 23 Prozent zu, während es bei der Kontrolle zu einer Abnahme um rund 12 Prozent kam. In der FV Liechtenstein/Waldstein kam es außerdem auch noch beim N/Ca-Verhältnis zwischen den zwei Behandlungsgruppen zu stärkeren Unterschieden in der Entwicklung ab 1989; während das Vierjahresmittel 1989/92 der N/Ca-Verhältnisse der gedüngten Bäume nur 2 Prozent über dem Resultat von 1988 lag, kam es bei den Kontrollbäumen zu einer Zunahme des entsprechenden Wertes um 42 Prozent.

Wie ebenfalls aus Tabelle 38 zu ersehen ist, wiesen beide Behandlungsgruppen 1988 bis auf eine Ausnahme - das N/K-Verhältnis lag bei beiden über dem harmonischen Bereich - mittlere Nährelementverhältnisse im harmonischen Bereich auf. Während bei der Kontrolle die mittleren N/K-Verhältnisse in den folgenden vier Jahren weiterhin über den harmonischen Bereich lagen, war dies bei den gedüngten Probestämmen ab 1989 nicht mehr der Fall. Während die mittleren N/P-, N/Mg- und K/Ca-Verhältnisse in den einzelnen Jahren auch ab 1989 bei den gedüngten Bäumen immer im harmonischen Bereich lagen, kam es bei den Kontrollbäumen bei diesen Quotienten in einem oder zwei Jahren zu Werten ober- und unterhalb des harmonischen Bereiches. Der umgekehrte Fall trat bei den Mittelwerten der K/Mg- und Ca/Mg-Verhältnisse ein: Während die Mittelwerte der Kontrollbäume immer im harmonischen Bereich lagen, lagen die Mittelwerte dieser Quotienten bei den gedüngten Bäumen in einem bzw. zwei Jahren über dem harmonischen Bereich.

Wie aus Tabelle 39, in welcher die Häufigkeitsverteilung der Nährelementquotienten auf den harmonischen Bereich und seine Unter- und Überschreitungen für die gedüngten und ungedüngten Probestämme ausgewiesen sind, zu ersehen ist, kam es bei den gedüngten Bäumen ab 1989 vor allem bei den N/K- und K/Ca-Verhältnissen vermehrt zu Werten im harmonischen Bereich, während dies bei den K/Mg- und Ca/Mg-Verhältnissen umgekehrt war.

Beim N/P-Verhältnis kam es bei den gedüngten Bäumen dagegen nach 1989 erst wieder 1992 zu einer Verbesserung im Vergleich zu 1988. Berücksichtigt man aber auch die negativen Veränderungen der N/P-Verhältnisse der Kontrollbäume, dann bestand bei den gedüngten Bäumen auch bei den N/P-Quotienten neben den N/K-

und Ca/Mg-Quotienten; während alle Kontrollbäume 1989 und 1990 K/Mg- und Ca/Mg-Quotienten im harmonischen Bereich aufwiesen, was sich bei den Ca/Mg-Quotienten bis 1992 fortsetzte, wiesen bei den gedüngten Bäumen von 1989 bis 1992 immer weniger Bäume K/Mg- bzw. Ca/Mg-Verhältnisse im harmonischen Bereich als 1988 auf.

Von den gedüngten Probebäumen wiesen die am Unterhang im Mittel von 1989 bis 1992 eine stärkere Abnahme der N/K-Quotienten und eine stärkere Zunahme der K/Ca- bzw. K/Mg-Verhältnisse als die am Oberhang auf. Die Zunahmen von K/Ca- und vor allem K/Mg-Quotienten oberhalb des harmonischen Bereichs von 1989 bis 1992 bei den gedüngten Bäumen betrafen ausschließlich Probebäume des Unterhanges.

3.2.2.3 Nährelementgehalte im Nadeljahrgang 2

Vor der Düngung wiesen beide Behandlungsgruppen im Jahre 1988 im Nadeljahrgang 2 geringere Stickstoff-, Phosphor-, Kalium- und Magnesiumgehalte als im Nadeljahrgang 1 auf; im Gegensatz zu den in der Literatur enthaltenen Angaben wiesen die Kontrollbäume 1988 im Nadeljahrgang 2 im Mittel geringere Calciumgehalte als im Nadeljahrgang 1 auf (siehe Tabelle 40).

Im Mittel der Jahre 1989 bis 1992 verflachte dann der Gradient zwischen den beiden Nadeljahrgängen in beiden Behandlungsgruppen bei Kalium und vor allem bei Stickstoff. Die mittleren Calciumgehalte lagen im Nadeljahrgang 2 von 1989 bis 1992 sowohl bei den gedüngten Probebäumen als auch bei der Kontrolle in allen Jahren deutlich über den mittleren Calciumgehalten im Nadeljahrgang 1. Zu Unterschieden zwischen den beiden Gruppen kam es bei den Veränderungen der Gradienten der Vierjahresmittel der Phosphor- und Magnesiumgehalte in den beiden Nadeljahrgängen. Während sich bei den gedüngten Bäumen der Unterschied zwischen den zwei Nadeljahrgängen im Phosphorgehalt verringerte und im Magnesiumgehalt vergrößerte, war es bei den Kontrollbäumen umgekehrt.

Im Vierjahresmittel von 1989 bis 1992 verflachte der Gradient der Stickstoff-, Phosphor- und Kaliumgehalte zwischen den beiden Nadeljahrgängen gegenüber 1988 sowohl bei den Bäumen am Ober- als auch bei denen am Unterhang, während der Unterschied der mittleren Calciumgehalte zwischen den beiden Nadeljahrgängen vor allem am Oberhang zunahm.

Zwischen Ober- und Unterhang bestanden dagegen Unterschiede bei den Veränderungen der mittleren Magnesiumgradienten der Jahre 1989 bis 1992 gegenüber 1988, als der Nadeljahrgang 2 sowohl bei den Bäumen am Ober- als auch am Unterhang im Mittel etwas geringere Magnesiumgehalte als der Nadeljahrgang 1 aufgewiesen hatte; während die mittleren Magnesiumgehalte beider Nadeljahrgänge in der Periode 1989/92 am Oberhang gleich waren, wies der Nadeljahrgang 2 der Bäume am Unterhang deutlich geringere Magnesiumgehalte als der Nadeljahrgang 1 auf.

3.2.3 Vergleich der Ergebnisse der "Düngungsflächen 1989"

Wie in den beiden vorangegangenen Abschnitten dargelegt, kam es bei den Parallelversuchen in den Forstverwaltungen Hatschek und Liechtenstein/Waldstein durch die Düngung zu deutlichen Veränderungen der Versorgung mit Kalium und Stickstoff im Jahre 1989.

Gegenüber 1988 wiesen die gedüngten Bäume im Vierjahresmittel eine Steigerung des Stickstoffgehaltes um 14 Prozent in der FV Hatschek und um rund 4 Prozent in der FV Liechtenstein/Waldstein auf; bei Berücksichtigung der Veränderungen der Stickstoffgehalte auf den jeweiligen Kontrollflächen - die gegenüber 1988 in der Periode 1989/92 im Mittel um rund zwei bzw. acht Prozent abnahmen - ergibt sich eine Zunahme des mittleren Stickstoffgehaltes von rund 15 Prozent in der FV Hatschek und von rund 13 Prozent in der FV Liechtenstein/Waldstein (siehe Tabelle 41).

Wesentlich stärker fielen die Zunahmen der Kaliumgehalte aus; wieder unter Berücksichtigung der Veränderungen bei den jeweiligen Kontrollbäumen war in der FV Hatschek mehr als eine Verdopplung und in der FV Liechtenstein/Waldstein fast eine Verdopplung der mittleren Kaliumgehalte in der Periode 1989/92 gegenüber 1988 festzustellen.

Bei den anderen drei Elementen kam es dagegen auf den gedüngten Parzellen der beiden Versuchsflächen bei Berücksichtigung der Veränderungen auf den jeweiligen Kontrollparzellen zu voneinander abweichenden Entwicklungen.

In der FV Hatschek kam es auf der Düngungsparzelle zwar einerseits zu einer Anhebung der Phosphorgehalte, welche in der FV Liechtenstein/Waldstein nicht zu beobachten war, andererseits aber zu einer Absenkung der Calciumgehalte und im Mittel der vier Jahre nach der Düngung nur zu einer geringfügigen Anhebung der Magnesiumgehalte; in der FV Liechtenstein/Waldstein nahmen dagegen die Calciumgehalte nach der Düngung im Vierjahresmittel um 45 Prozent und die Magnesiumgehalte um 23 Prozent zu. Als Grund für diese Unterschiede auf den zwei Versuchsflächen kommt nach den Ergebnissen der bodenchemischen Untersuchungen der geringere pH-Wert und die geringere Basensättigung auf der Versuchsfläche der FV Hatschek in Frage. Als Erklärung für die im vorhergehenden Abschnitt behandelten Unterschiede der Düngerwirkung zwischen Ober- und Unterhang in der FV Liechtenstein/Waldstein - vor allem bei Stickstoff und Kalium - bietet sich dagegen in erster Linie eine Dünger- bzw. Nährelementverfrachtung durch Niederschläge an.

Wie aus Tabelle 42 zu ersehen ist, unterschieden sich die gedüngten Parzellen der beiden Forstverwaltungen auf Grund der unterschiedlichen Calcium- bzw. Magnesium-Wirkung vor allem bei den Veränderungen der K/Ca- bzw. K/Mg-Quotienten in den Jahren 1989 bis 1992 gegenüber 1988. Im Vierjahresmittel stiegen diese beiden Quotienten im Vergleich zu 1988 in der FV Hatschek auf rund das Doppelte an, während die Zunahmen in der FV Liechtenstein/Waldstein bei rund 50 bzw. 60 Prozent lagen.

gen von Nährelementgehalten der Kontrollflächen. Während die Stickstoff- und Phosphorgehalte der zwei Kontrollflächen im Vierjahresmittel 1989 bis 1992 gegenüber 1988 in etwa noch vergleichbare bzw. geringe Veränderungen aufwiesen, bestanden bei den Veränderungen der mittleren Kalium-, Calcium- und Magnesiumgehalte in der Periode 1989/92 gegenüber 1988 deutliche Unterschiede. Während die Kalium- und Calciumgehalte in der FV Hatschek auf der Kontrollfläche zunahmen, kam es in der FV Liechtenstein/Waldstein zu deutlichen Abnahmen. Auf beiden Kontrollflächen nahmen zwar die Magnesiumgehalte im Vierjahresmittel gegenüber 1988 ab, die Abnahme fiel aber auf der Kontrollfläche in der FV Liechtenstein/Waldstein stärker aus.

Wie aus Tabelle 42 zu ersehen ist, kam es durch die unterschiedlichen Veränderungen der Nährelementgehalte auf den zwei Kontrollflächen auch bei den meisten Nährelementquotienten zu unterschiedlichen oder verschieden starken Veränderungen in den Jahren 1989 bis 1992 gegenüber 1988. Die stärksten Unterschiede bestanden in den N/Ca-, K/Ca- und Ca/Mg-Verhältnissen.

Verwendet man für den Vergleich der "Düngerwirksamkeit" auf den Versuchspartellen der beiden Forstverwaltungen die Klassifikationsergebnisse der Nährelementgehalte (Tabelle 32 und 37), beziehungsweise die aus den Häufigkeitsverteilungen errechneten gewichteten Klassenmittel, dann kam es auf den gedüngten Parzellen beider Forstverwaltungen zu Verbesserungen der Stickstoff- und Kaliumversorgung in der Periode 1989/92 gegenüber 1988. Bei Calcium und Magnesium unterschieden sich die gewichteten Klassenmittel von 1988 und der Periode 1989/92 auf den Düngungspartellen dagegen nur geringfügig. Berücksichtigt man auch hier wieder die Veränderungen der gewichteten Klassenmittel auf den Kontrollpartellen, dann ergibt sich für die Düngungspartelle der FV Liechtenstein/Waldstein für die Periode 1989/92 neben einer Verbesserung der Stickstoff- und Kaliumversorgung auch noch eine deutliche Verbesserung hinsichtlich Calcium und Magnesium; in der FV Hatschek war dagegen neben der deutlichen Verbesserung der Stickstoff- und Kaliumversorgung nur - im Vergleich zur Düngungspartelle Liechtenstein/Waldstein - geringe Verbesserung der Magnesiumversorgung vorhanden.

3.3 "Düngungsflächen 1987" FV Liechtenstein/Waldstein

In der Forstverwaltung Liechtenstein/Waldstein wurden 1987 zwei Düngungsversuche (Düngungspartellen 10 und 11) mit "Wuxal" beziehungsweise "Silvital" angelegt (KILIAN 1989). Die erste Nadelprobenentnahme erfolgte im Herbst 1986 - vor der Düngung - in der Weise, daß auf der Versuchsfläche 10 vier Baumpaare (gesund/vergilbt) und auf der Versuchsfläche 11 zwei Baumpaare beprobt wurden. Auf der Versuchsfläche 10 wurden 1987 zwei Baumpaare und auf der Versuchsfläche 11 ein Baumpaar gedüngt.

1992 Beprobungen. Die Ergebnisse der chemischen Nadelanalysen des Nadeljahrganges 1 sind für die Einzelbäume beider Versuchsflächen im Anhang ausgewiesen.

3.3.1 Versuchsfläche 10

3.3.1.1 Nährelementgehalte

Im Jahre 1986 lagen die Mittelwerte der Stickstoff-, Phosphor- und vor allem Kaliumgehalte der vergilbten Probebäume unter den entsprechenden Werten der "grünen". Bei den Calcium- und Magnesiummittelwerten ergaben sich dagegen zwischen den beiden Gruppenmittelwerten keine wesentlichen Differenzen.

Wie aus Tabelle 43, in der die Mittelwerte der jeweils zwei Probebäume der vier Gruppen für die Hauptnährelemente ausgewiesen sind, zu ersehen ist, kam es durch die Wuxaldüngung 1987 zu keiner Verbesserung der Nährelementsituation. Die deutlichste Verbesserung bestand 1987 gegenüber 1986 beim Kaliumgehalt der vergilbten, ungedüngten Kontrollbäume.

Ab 1989 kam es dann aber gegenüber 1986 zu einer Anhebung der Stickstoff- und vor allem Kaliumgehalte im Nadeljahrgang 1 der "grünen" und "vergilbten" Probebäume, die 1987 gedüngt worden waren. Während eine düngungsbedingte Verbesserung der Stickstoffversorgung bei Berücksichtigung der Ergebnisse der Kontrollbäume nur bis 1990 anzunehmen ist, hielt die Verbesserung der Kaliumversorgung bis 1992 an. Bei den "vergilbten" Probebäumen, die 1987 gedüngt worden waren, kam es in den letzten Untersuchungsjahren auch noch zu einer Verbesserung der Phosphorversorgung.

3.3.1.2 Beurteilung der Nährelementgehalte (Klassifikation)

Bei einer Beurteilung der Nährelementgehalte nach Tabelle 1 hatten 1986 sieben der acht Probebäume Mangel an zumindest einem Element aufgewiesen. Die Gruppe der "grünen" und "vergilbten" Bäume unterschieden sich aber hinsichtlich der Häufigkeit von Mangel an mehr als einem Element. Von den "vergilbten" Probebäumen wiesen alle einen Mangel an Stickstoff + Kalium auf und je einer zusätzlich auch noch Mangel an Phosphor bzw. Magnesium. Von den vier "grünen" Bäumen wies dagegen nur einer auch einen Mangel an Stickstoff + Kalium, zwei einen Stickstoff-Mangel und ein Probaum keinen Mangel auf.

In den Jahren 1989 und 1990 wiesen die gedüngten Bäume eine etwas günstigere Stickstoff-Klassifikation als die ungedüngten Bäume auf. Ab 1991 bestanden aber in beiden Gruppen in etwa dieselben Häufigkeitsverteilungen auf die drei Versorgungsklassen entsprechend Tabelle 1. Ab 1989 kam es allgemein auch zu einer Verbesserung der Phosphor-Versorgung. Die vier gedüngten Probebäume wiesen von 1989 bis 1992 immer eine ausreichende Versorgung auf, während bei den ungedüngten Probebäumen 1990 bzw. 1991 bei einem bzw. zwei Probebäumen nach den Ergebnissen der

Eine ähnliche Entwicklung bestand auch bei Kalium. Von den vier gedüngten Probenbäumen wies ab 1989 je ein "vergilbter" und "grüner" Baum immer eine ausreichende Versorgung auf. Auch bei den ungedüngten Probenbäumen kam es ab 1989 ständig zu einer Verbesserung bei den Einstufungen in die drei Versorgungsklassen und 1992 wiesen schließlich auch die zwei "vergilbten - ungedüngten" Probenbäume eine ausreichende Versorgung mit Kalium auf.

Bei den Häufigkeitsverteilungen der Magnesium-Einstufungen bestanden von 1989 bis 1991 bei den Gruppen der gedüngten bzw. ungedüngten und "grünen" bzw. "vergilbten" Probenbäume praktisch keine Veränderungen; nur 1990 wies ein gedüngter - "vergilbter" Probenbaum eine ausreichende Versorgung auf. 1992 wiesen dagegen zwei ungedüngte Probenbäume eine mangelhafte Magnesiumversorgung auf.

Stark rückläufig war ab 1990 auch die Häufigkeit von Probenbäumen mit Mangel an mehr als einem Element. Während 1989 noch bei den selben 4 Bäumen wie 1987 Mangel an mehr als einem Element bestand - in allen vier Fällen N + K-Mangel -, war dies 1990 und 1991 nur noch bei einem Probenbaum der Fall. Von den übrigen Probenbäumen wiesen 1990 drei einen Stickstoffmangel und zwei einen Kaliummangel auf; 1991 kam es bei drei Bäumen zu einem Stickstoffmangel und bei einem Baum zu Kaliummangel. Die Fälle von Kaliummangel entfielen alle auf die Gruppen der "vergilbten" Probenbäume. 1992 wiesen dann nur noch drei der acht Probenbäume Mangel an einem Element auf. Zwei ungedüngte Probenbäume (je ein "grüner" bzw. "vergilbter") wiesen einen Mangel an Magnesium und ein gedüngter, "vergilbter" Probenbaum einen Stickstoffmangel auf.

Von der allgemeinen Verbesserung der Nährelementversorgung in den letzten Untersuchungsjahren gegenüber 1986 bzw. 1987 profitierten die "grünen" Probenbäume fast doppelt so viel wie die "vergilbten", wenn man die Häufigkeit von Bäumen ohne Mangel in den Jahren von 1989 bis 1992 für die Beurteilung heranzieht.

3.4 Witterung und Nährelementgehalte

Wie mehrfach in der Literatur beschrieben, kommt es durch kurz- und mittelfristige Witterungseinflüsse zu Beeinflussungen der Nährelementversorgung (BERGMANN 1983, HEINSDORF 1966 und 1973, HUNGER 1970, SCHMIDT 1985, WEHRMANN 1961). Sowohl im Hinblick auf die Beteiligung der Witterung am Zustandekommen der im Untersuchungsgebiet zu beobachtenden Schädigungen als auch im Hinblick auf die Schwankungen der Nährelementspiegelwerte der Nadeln wird im folgenden versucht, auch diese Einflußgröße mit den Ergebnissen der chemischen Nadelanalyse-
daten zumindest ansatzweise zu verknüpfen. Wie meistens stehen keine längerfristigen Witterungsdaten aus dem Untersuchungsgebiet selbst zur Verfügung. Aus diesem Grunde konnten nur die Ergebnisse der Station Zeltweg im A11 (11.11.1981)

Untersuchungsgebiet und im Aichfeld in ihren Absolutwerten unterscheiden, soll auch nur der Versuch unternommen werden, die Werte der Station Zeltweg im Zeitraum der Untersuchungen im Gleingraben auf Extreme zu untersuchen, die auch im Gleingraben auf dem lokalen Niveau aufgetreten sein dürften.

Wie aus Tabelle 44 zu ersehen ist, überwogen vor allem in den letzten zehn Jahren (1983 bis 1992) die zu "warmen Sommer" und in der Fünfjahresperiode 1983/87 die "zu trockenen Sommer".

Wie aus Tabelle 45, für welche die Abweichungen von Periodenniederschlägen (IV-IX, V-IX, VI-VIII) und von Periode temperaturen (IV-IX, V-IX, VI-VIII) der Einzeljahre von den langjährigen Mitteln vier "Witterungstypen" - "zu warm/zu feucht" (WF), "zu warm/zu trocken" (WT), "zu kalt/zu trocken" (KT) und "zu kalt/zu feucht" (KF) - zugeordnet wurden, zu ersehen ist, dominierte in den letzten 2 Fünfjahresperioden sowohl von Mai bis September, als auch von Juni bis August der Typ WT, bis auf eine Ausnahme begleitet vom Typ WF. In den drei Fünfjahresperioden von 1968 bis 1982 dominierten dagegen die Typen KT bzw. KF und nur von 1963 bis 1967 überwog ebenfalls wie in den letzten zehn Jahren der Typ WT, allerdings begleitet vom Typ KF.

Wenn man für den Gleingraben eine vergleichbare Verschiebung annimmt, so könnte das Auftreten der Schadbilder ab 1985 mit dem häufigeren Auftreten des Witterungstyps WT (bzw. WF) gegenüber den Vorperioden von Mai bis September bzw. von Juni bis August in Zusammenhang stehen. Neben der Häufigkeit des Witterungstyps WT innerhalb einer Fünfjahresperiode ist dabei auch noch seine häufigere Aufeinanderfolge und die damit verbundene verringerte "Erholungsmöglichkeit" ins Kalkül zu ziehen (siehe Tabelle 46).

Während von Juni bis August von 1963 bis 1981 höchstens in zwei aufeinanderfolgenden Jahren der Typ WT oder WF auftrat, war ab 1981 zweimal in drei aufeinanderfolgenden Jahren der Typ WT festzustellen, wobei nach der zweiten Dreijahresfolge in den nächsten vier Jahren nur die Witterungstypen WF und WT bestanden. Seit 1981 waren die Monate Juni bis August in elf von 12 Jahren zu warm; das gleiche trifft auch für die Monate Mai bis September ab 1981 zu. Wie ferner aus Tabelle 46 zu ersehen ist, waren in den letzten 12 Jahren die Niederschläge von Juni bis August in 9 Jahren zu gering. So wie bei der Temperatur kam es auch beim Niederschlag in den letzten 12 Jahren in mehreren (4 bzw. 3) aufeinanderfolgenden Jahren zu Unterschreitungen des langjährigen Mittels von Juni bis August: 1981 bis 1984 und 1986 bis 1988; von 1963 bis 1980 waren dagegen höchstens in zwei aufeinanderfolgenden Jahren von Juni bis August zu geringe Niederschläge festzustellen gewesen.

Die in der Literatur enthaltenen Angaben über den Einfluß von Witterungsextremen auf die Nährelementversorgung der Nadeln dokumentieren sich nur in einzelnen Jahren bei den Ergebnissen des "Kontrollnetzes 86". Im "WT-Jahr" 1987 wiesen Stickstoff und Calcium die geringsten Mittelwerte auf und auch die anderen Elemente wiesen nur

höchsten Mittelwert. Die höchsten Mittelwerte bestanden bei N, P, K und Mg im Jahr 1988, das ebenfalls als "WT-Jahr" einzustufen ist; die Niederschlagsdefizite lagen in diesem Jahr gegenüber 1987 oder 1992 vor allem von Mai bis September aber nur minimal unter dem Normalwert. Ein ähnliches Bild ergibt sich auch, wenn man die Häufigkeit der Minima und Maxima der Nährelementgehalte der Einzelbäume zwischen 1986 und 1992 für den Vergleich mit den Witterungsdaten heranzieht.

Im Jahr 1988 kam es bei Stickstoff, Phosphor, Kalium und Magnesium am häufigsten zu Maximalwerten, was bei Calcium 1992 der Fall war. Die Minima waren bei Phosphor und Calcium im Jahre 1987, bei Stickstoff und Magnesium 1989 und bei Kalium 1991 am häufigsten.

Bei einer Beurteilung der Unterschiede der Nährelementgehalte in den einzelnen Untersuchungsjahren darf aber nicht außer acht gelassen werden, daß es zumindest in Zeltweg gegenüber dem langjährigen Mittel von Mai bis September bzw. Juni bis August in allen sieben Jahren "zu warm" und in fünf der sieben Jahre zu trocken war. Die bisher in der Literatur beschriebenen witterungsbedingten Veränderungen behandeln nur Extreme von Einzeljahren, aber keine längerfristigen "Auslenkungen" ohne zwischenzeitliche Erholungen in "besseren Jahren"; neben phytopatologisch bedingten Problemen bei der Nährelementaufnahme (TOMICZEK 1991) könnte durch andauernde ungünstige Witterungsbedingungen über die negative Beeinflussung der Nährelementversorgung und damit der physiologischen Aktivität der Nadeln auch eine Beeinflussung des Wurzelwachstums und dadurch eine weitere Reduzierung der Nährelementversorgung verursacht werden.

4. Zusammenfassung

Gegenüber den ersten Untersuchungsjahren kam es nach den Ergebnissen der chemischen Nadelanalysen von 1990 bis 1992

- zu keinen wesentlichen Änderungen der SO₂-Immissionseinwirkungen; sowohl 1991 als auch 1992 kam es an rund 16 Prozent der Kontrollnetzpunkte zu Grenzwertüberschreitungen;
- weiterhin bei den unbehandelten Bäumen des Kontrollnetzes in erster Linie zu einer mangelhaften bzw. nicht ausreichenden Stickstoff-Versorgung, sowie einer mangelhaften bzw. nicht ausreichenden Kaliumversorgung. Im Mittel der Jahre 1990 bis 1992 wiesen von den Kontrollbäumen rund 65 Prozent eine mangelhafte Stickstoffversorgung und rund 21 Prozent eine mangelhafte Kaliumversorgung auf. Der Anteil der unbehandelten Bäume mit einer Unterversorgung (Mangel + nicht ausreichend) lag im Mittel der drei Jahre hinsichtlich Stickstoff bei rund 96 Prozent, hinsichtlich Kalium bzw. Calcium bei rund 58 Prozent und hinsichtlich Magnesium bei rund 53 Prozent. Im Verlauf der Jahre 1990 bis 1992 nahm die Zahl der Bäume

suchungsjahren bestehen und dürfte z.T. mit den wurzelpathologischen Befunden zu erklären sein (TOMICZEK 1990);

- auf den beiden "Düngungsflächen 1989" (in den Forstverwaltungen Hatschek bzw. Liechtenstein/Waldstein; Bodendüngung mit BASF-Spezialdünger) vor allem zu einer bis 1992 anhaltenden Anhebung der Kalium-Nadelgehalte der gedüngten Bäume gegenüber der Kontrolle; gegenüber der Kontrolle kam es durch die Düngung auch bei beiden Versuchsflächen zu einer Anhebung der Stickstoffgehalte. Bei den Calcium- bzw. Magnesiumgehalten kam es nur auf der Versuchsfläche Liechtenstein/Waldstein bei den gedüngten Bäumen zu einer Anhebung, während bei Phosphor nur auf der Versuchsfläche Hatschek bis 1992 eine Steigerung zu verzeichnen war.

Nach den Temperatur- und Niederschlagsdaten der Station Zeltweg im Aichfeld kam es ab 1981 in den Monaten April bis September, Mai bis September bzw. Juni bis August fast ausschließlich zu Überschreitungen der langjährigen Temperaturmittel und in zwei Drittel bzw. drei Viertel der Jahre in den Monaten Mai bis September bzw. Juni bis August zu Unterschreitungen der langjährigen Niederschlagsmittel. Bei Annahme ähnlicher "Abweichungen" im "benachbarten Gleinalm-Gebiet" und damit vorhandenen negativen Auswirkungen vor allem auf die Stickstoffversorgung wäre zumindest für den Beginn der Schädigungen eine erhebliche Beteiligung der Witterung anzunehmen.

5. Literatur

- BERGMANN, W. 1983: *Ernährungsstörungen bei Kulturpflanzen*. Gustav Fischer Verl., Stuttgart. 614S.
- BOSCH, CHR., E. PFANNKUCH, U. BAUM U. K.E. REHFUESS 1983: *Über die Erkrankung der Fichte (Picea abies [L.]KARST.) in den Hochlagen des Bayerischen Waldes*. Forstw. Cbl. 102, 167-181.
- DONAUBAUER, E. 1989: *Das Walderkrankungssyndrom im Gleinalmgebiet*. Mitt. der Forstl. Bundesversuchsanstalt Wien, 163/1, 5-9.
- GUSSONE, H.A. 1964: *Faustzahlen für Düngung im Walde*. BLV-Bayerischer Landwirtschaftsverl., München-Basel-Wien. 98S.
- HEINSDORF, D. 1966: *Über den Ernährungszustand von Kiefernkulturen auf Sandböden in den Jahren mit unterschiedlichen Niederschlägen (1961-1963)*. Arch.Forstwes. 15, 7454-773.
- HEINSDORF, D. 1973: *Der Einfluß der Jahreswitterung auf den Nährstoffgehalt der Nadeln und das Wachstum ungedüngter Kiefernjungwüchse*. Beitr. f.d. Forstwirtschaft 2, 75-83.
- HÖHNE, H. 1968: *Die methodischen Grundlagen der Nadelanalyse unter besonderer Berücksichtigung von Picea abies (L.)Karst. und Pinus silvestris L., Habil.-Schr.* TU Dresden (Tharandt), Zit. nach Fiedler, Nebe, Hoffmann (1973): *Forstliche Pflanzennahrung und Düngung*. Gustav Fischer Verl., Stuttgart. 481S.
- HUNGER, W. 1970: *Über den Ernährungszustand älterer Fichtenbestände auf Pseudogley-Standorten in Jahren mit stark unterschiedlichen Niederschlagsverhältnissen*. Arch. Forstwes. 19, 937-961.
- HÜTTL, R.F. 1985: *"Neuartige" Waldschäden und Nährelementversorgung von Fichtenbeständen (Picea abies [L.]KARST.) in Südwestdeutschland*. Freiburger Bodenkundl. Abh. 16, 195S.
- HÜTTL, R.F. 1987: *"Neuartige" Waldschäden, Ernährungsstörungen und Düngung*. AFZ 12, 289-299.
- KRÄMER, G. 1989: *Methoden zur Bestimmung des Stickstoff- und Kaliumgehalts bei Kiefern (Picea abies [L.]KARST.)*

- KILIAN, W. 1989: *Diagnostische Düngungsversuche im Gleinalmgebiet*. Mitt. der Forstl. Bundesversuchsanstalt Wien, 163/II, 341-356.
- MAJER, CHR. 1989a: *Zu Klima, Geologie und Waldgeschichte des Waldschadensgebietes Gleinalm*. Mitt. der Forstl. Bundesversuchsanstalt Wien, 163/I, 11-24.
- MAJER, CHR. 1989b: *Hinweise auf anthropogene Einwirkungen auf den Boden*. Mitt. der Forstl. Bundesversuchsanstalt Wien, 163/I, 25-31.
- MAJER, CHR., W. KILIAN u. F. MUTSCH 1989: *Die Böden im Gleinalmgebiet*. Mitt. der Forstl. Bundesversuchsanstalt Wien, 163/I, 33-127.
- REEMTSMA, J.B. 1986: *Der Magnesium-Gehalt von Nadeln niedersächsischer Fichtenbestände und seine Beurteilung*. Allg. Forst- u. Jagdztg. 157, 10, 196-200.
- REHFUESS, K.E. 1983: *Walderkrankungen und Immissionen - eine Zwischenbilanz*. AFZ 38, 601-610.
- SCHMIDT, M. 1985: *Die trockenen und warmen Sommer 1976, 1982 und 1983 in Deutschland-Streßfaktoren für den Wald*. VDI Berichte 560 (Waldschäden), 527-544.
- STEFAN, K. 1989: *Ergebnisse chemischer Nadelanalysen im Untersuchungsgebiet Glein*. Mitt. der Forstl. Bundesversuchsanstalt Wien, 163/II, 289-339.
- STEFAN, K. 1991: *Zur Nährelementversorgung der Fichtennadeln von gedüngten und ungedüngten Bäumen im Gleinalmgebiet*. Mitt. der Forstl. Bundesversuchsanstalt Wien, 163/IV, 65-140.
- TOMICZEK, CHR. 1990: *Forstpathologische Erhebungen im Gebiet der Glein*. Mitt. der Forstl. Bundesversuchsanstalt Wien, 163/III, 39-97.
- WEHRMANN, J. 1961: *Die Auswirkung der Trockenheit von 1959 auf die Nährelementversorgung bayerischer Kiefernbestände*. Forstwiss.Cbl. 80, 272-287.
- ZECH, W. u. E. POPP 1983: *Magnesiummangel einer der Gründe für das Fichten- und Tannensterben in NO-Bayern*. Forstwiss. Cbl. 102, 50-55.
- ZÖTTL, H.W. 1987: *Stoffumsätze in Ökosystemen des Schwarzwaldes*. Forstw. Cbl. 106, 105-114.
- ZÖTTL, H.W. u. E. MIES 1983: *Die Fichtenerkrankung in den Hochlagen des Südschwarzwaldes*. Allg. Forst- u. Jagdztg. 154, 110-114.
- ZÖTTL, H.W. u. R.F. HÜTTL 1985: *Schadsymptome und Ernährungszustand von Fichtenbeständen im südwestdeutschen Alpenvorland*. AFZ 40, 197-199.

Autor: Dipl.Ing. Dr. Klaus Stefan
Forstliche Bundesversuchsanstalt
Institut für Immissionsforschung und Forstchemie
Seckendorff-Gudent Weg 8
A-1131 Wien

6. Anhang

GLEIN-KONTROLLNETZ (FV Hatschek)					
Baum-Nr.	Alter	Seehöhe	Abteilung	Düngungspartzele	Düngung
1	150	1.580	6 m		
2	130	1.600	6 s		
3	130	1.450	6 k	6	Wuxal 86/87
4	130	1.530	5 s		
5	130	1.600	5 s		
6	100	1.600	4 d		
7	100	1.500	4 c		
8	100	1.360	4 b	7	Wuxal 86
9	100	1.300	4 b		
10	120	1.300	8 f	6	Wuxal 86/87
11	130	1.450	7 o	6	Wuxal 86/87
12	150	1.500	7 o		
13	150	1.600	7 h		
14	30	1.200	15 m		
15	30	1.200	25 m	3 b	Harnstoff 86
16	80	1.260	10 m	3 a	Harnstoff + Wuxal 86/87
17	100	1.200	12 a		
18	150	1.460	1 k	5	Wuxal 86
19	100	1.580	1 x		
20	150	1.630	H 1 Pl.		
21	110	1.260	9 l		
22	120	1.380	9 m		
23	100	1.500	9 m		
24	110	1.380	15 f		
25	100	1.320	13 c		
26	100	1.180	14 a		
27	130	1.150	11 a	3	Wuxal nur 1986
28	100	1.200	9 n		
29	120	1.400	8 m		
30	120	1.560	8 k		
31	100	1.030	2 n	1	Wuxal 86
32	100	1.170	2 a		
33	100	1.250	3 u		
34	100	1.400	4 s		
35	100	1.430	4 n		
36	130	1.140	11 j	3	Wuxal 86/87
37	80	1.050	Fötscheraim	2	Wuxal 86/87
38	110	1.320	12 b	4	Wuxal 86/87
39	80	1.500	12 l	4	Wuxal 86/87
40	40	1.150	10 a	8	Nitramoncal 86
41	100	1.150	10 g		
42	90	1.290	11 b		
43	100	1.350	10 h		
44	120	1.380	10 g		
45	120	1.330	11 m	9 b	BASF Blattdünger 87

Tabelle 1: Beurteilungswerte der Nährelementversorgung (Nadeljahrgang 1)

Nährstoffversorgung	% N	% P	% K	% Ca	% Mg
(1) mangelhaft	≤1,30	≤0,11	≤0,33	≤0,10	≤0,07
(2) nicht ausreichend	1,31	0,12	0,34	0,11	0,08
(3) ausreichend	>1,50	>0,13	>0,42	>0,36	>0,11

Tabelle 2:
Grenzen für die Klassifizierung der Schwefelgehalte der Nadeljahrgänge 1 und 2

Klasse	% S im Nadeljahrgang	
	1	2
1	<0,081	<0,101
2	0,081 - 0,110*	0,101 - 0,140*
3	0,111 - 0,150	0,141 - 0,190
4	>0,150	>0,190

* Grenzwerte der zweiten Verordnung gegen forstschädliche Luftverunreinigungen

Tabelle 3:
Grenzen für die Schwefel-Gesamtklassifikation an Hand der Klassensummen der Nadeljahrgänge 1 und 2

Gesamtklassifikation	Summe der Klassenwerte der NJ 1 + 2
1	2
2	3 und 4
3	5 und 6
4	7 und 8

Tabelle 4:
Glein - KONTROLLNETZ ("Netz 85")
Bereiche und Mittelwerte der Schwefelgehalte der von 1985 bis 1992 bearbeiteten Probestämme (n=20) im Nadeljahrgang 1 und Häufigkeitsverteilung der Schwefelwerte des Nadeljahrganges 1 nach Klassen

	% S		Klasse (NJ 1)			
	Nadeljahrgang 1		1	2	3	4
1985	0,08 - 0,12	0,099	1	18	1	-
1986	0,07 - 0,12	0,098	4	12	4	-
1987	0,08 - 0,14	0,096	5	13	2	-
1988	0,09 - 0,14	0,108	-	16	4	-
1989	0,08 - 0,14	0,102	1	18	1	-
1990	0,07 - 0,11	0,090	6	14	-	-
1991	0,09 - 0,13	0,103	-	17	3	-
1992	0,08 - 0,13	0,102	2	15	3	-

Tabelle 5:
Glein - KONTROLLNETZ ("Netz 86")
Bereiche und Mittelwerte der Schwefelgehalte im Nadeljahrgang 1 und 2 der von 1986 bis 1992 bearbeiteten Probestämme (n = 30)

	Nadeljahrgang 1		Nadeljahrgang 2	
1986	0,07 - 0,12	0,099	0,06 - 0,14	0,099
1987	0,08 - 0,15	0,099	0,07 - 0,15	0,102
1988	0,08 - 0,17	0,109	0,08 - 0,18	0,113
1989	0,08 - 0,14	0,103	0,09 - 0,14	0,112

Tabelle 6:
Glein - KONTROLLNETZ ("Netz 86")
Häufigkeitsverteilungen der Schwefelgehalte nach Klassen (Gesamtklassifikation NJ 1+2) der von 1986 bis 1992 bearbeiteten Probestämme (n = 30)

	Gesamtklassifikation			
	1	2	3	4
1986	4	21	5	-
1987	7	19	4	-
1988	1	24	4	1
1989	1	26	3	-

Tabelle 7:
Glein - KONTROLLNETZ ("Netz 85")
 Bereiche und Mittelwerte der Nährelementgehalte der von 1985 bis 1992 bearbeiteten ungedüngten Probestämme im Nadeljahrgang 1 (n=14)

Jahr	% N	% P	% K	% Ca	% Mg
1985	0,98-1,48 1,286	0,13-0,22 0,171	0,23-0,78 0,386	0,20-0,56 0,363	0,08-0,28 0,127
1986	1,10-1,52 1,320	0,13-0,23 0,176	0,32-0,80 0,451	0,20-0,48 0,319	0,08-0,22 0,133
1987	1,01-1,49 1,205	0,12-0,20 0,161	0,28-0,67 0,424	0,14-0,37 0,217	0,07-0,17 0,116
1988	0,99-1,63 1,314	0,13-0,23 0,188	0,24-0,78 0,482	0,25-0,59 0,336	0,09-0,19 0,132
1989	1,07-1,44 1,234	0,14-0,22 0,172	0,32-0,78 0,471	0,21-0,48 0,321	0,08-0,19 0,117
1990	1,11-1,46 1,249	0,13-0,21 0,169	0,32-0,73 0,450	0,22-0,63 0,362	0,07-0,23 0,132
1991	1,09-1,47 1,295	0,13-0,22 0,166	0,25-0,68 0,402	0,22-0,45 0,331	0,08-0,24 0,125
1992	1,06-1,58 1,264	0,16-0,22 0,189	0,30-0,91 0,448	0,23-0,60 0,367	0,09-0,19 0,128

Tabelle 8:
Glein - KONTROLLNETZ ("Netz 85")
 Häufigkeitsverteilung der Nährelementgehalte im Nadeljahrgang 1 nach den in Tabelle 1 angeführten Klassen der ungedüngten Probestämme (n=14) von 1985 bis 1992 (1: Mangel; 2: nicht ausreichend; 3: ausreichend)

Jahr	% N			% P			% K			% Ca			% Mg		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1985	8	6	-	-	2	12	3	9	2	-	8	6	-	9	5
1986	8	5	1	-	1	13	2	7	5	-	10	4	-	5	9
1987	11	3	-	-	4	10	3	6	5	-	13	1	1	8	5
1988	7	6	1	-	1	13	3	4	7	-	11	3	-	6	8
1989	11	3	-	-	-	14	2	6	6	-	11	3	-	8	6
1990	10	4	-	-	2	12	1	7	6	-	11	3	2	5	7
1991	8	6	-	-	2	12	6	4	4	-	9	5	-	8	6
1992	11	2	1	-	-	14	4	4	6	-	8	6	-	7	7

Tabelle 9:

Glein - KONTROLLNETZ ("Netz 86")

Bereiche und Mittelwerte der Nährelementgehalte der von 1986 bis 1992 bearbeiteten ungedüngten Probebäume im Nadeljahrgang 1 (n = 19)

Jahr	% N	% P	% K	% Ca	% Mg
1986	1,10-1,52 1,330	0,13-0,23 0,180	0,32-0,90 0,496	0,20-0,52 0,333	0,08-0,22 0,129
1987	1,01-1,49 1,201	0,12-0,20 0,164	0,28-0,90 0,443	0,14-0,43 0,237	0,07-0,17 0,120
1988	0,99-1,63 1,334	0,13-0,22 0,191	0,24-0,92 0,533	0,25-0,59 0,352	0,09-0,19 0,130
1989	1,07-1,49 1,233	0,14-0,22 0,172	0,32-0,82 0,487	0,19-0,50 0,323	0,08-0,19 0,114
1990	0,98-1,46 1,228	0,12-0,21 0,163	0,32-0,91 0,483	0,22-0,63 0,362	0,07-0,23 0,127
1991	1,03-1,48 1,303	0,13-0,25 0,173	0,22-0,76 0,414	0,22-0,46 0,344	0,08-0,24 0,124
1992	0,88-1,60 1,256	0,15-0,22 0,187	0,30-0,98 0,474	0,23-0,64 0,395	0,09-0,19 0,128

Tabelle 10:

Glein - KONTROLLNETZ ("Netz 86")

Häufigkeitsverteilung der Nährelementgehalte im Nadeljahrgang 1 nach den in Tabelle 1 angeführten Klassen der ungedüngten Probebäume (n=19) von 1986 bis 1992 (1: Mangel; 2: nicht ausreichend; 3: ausreichend)

Jahr	% N			% P			% K			% Ca			% Mg		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1986	10	7	2	-	1	18	2	8	9	-	12	7	-	8	11
1987	14	5	-	-	4	15	5	6	8	-	17	2	1	9	9
1988	8	9	2	-	1	18	3	4	12	-	2	7	-	7	12
1989	14	5	-	-	-	19	2	7	10	-	14	5	-	12	7
1990	14	5	-	-	5	14	1	8	10	-	14	5	2	9	8
1991	9	10	-	-	2	17	7	6	6	-	11	8	-	10	9
1992	14	3	2	-	-	19	4	7	8	-	8	11	-	9	10

Tabelle 11: Glein - KONTROLLNETZ ("Netz 86")

Bereiche und Mittelwerte der Nährelementquotienten im Nadeljahrgang 1 der von 1986 bis 1992 bearbeiteten ungedüngten Probestämme (n=19)

	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992
N/P	5,95- 9,85 7,58	5,05-10,00 7,51	5,73- 8,53 7,04	5,55- 9,21 7,28	5,38-10,67 7,70	5,64-10,77 7,74	5,30- 8,32 6,74
N/K	1,40-4,75 2,98	1,47- 4,71 2,99	1,44- 6,79 2,90	1,56- 3,89 2,71	1,46- 4,29 2,76	1,82- 6,50 3,54	1,37- 4,32 2,97
N/Ca	2,29- 7,24 4,29	2,97-10,21 5,61	2,04- 6,27 4,01	2,22- 5,95 4,07	1,92- 5,36 3,62	2,63- 5,74 3,99	1,38- 6,22 3,47
N/Mg	5,73-18,25 10,97	6,50-20,43 10,54	5,82-15,89 10,83	6,26-14,88 11,32	4,83-17,29 10,77	5,33-18,38 11,52	5,50-17,56 10,55
K/Ca	0,75- 3,90 1,61	0,76- 2,90 1,96	0,80- 2,78 1,54	0,67- 2,26 1,58	0,52- 2,40 1,42	0,48- 2,11 1,25	0,55- 2,76 1,29
K/Mg	1,64- 9,00 4,08	1,65- 8,18 3,90	1,71- 7,67 4,22	2,53- 8,20 4,47	1,60- 9,10 4,30	1,57- 9,50 3,69	1,68- 8,91 3,93
Ca/Mg	1,42- 5,00 2,73	1,21- 3,91 2,03	1,71- 3,55 2,76	1,40- 4,36 2,94	1,48- 4,86 3,05	1,19- 5,38 3,00	1,74- 4,82 3,19

Tabelle 12:

Glein - KONTROLLNETZ ("Netz 86")

Häufigkeitsverteilung der Nährelementquotienten im Nadeljahrgang 1 der von 1986 bis 1992 bearbeiteten ungedüngten Probestämme

	86	87	88	89	90	91	92	
N/P	≤ 7,00	8	8	10	7	5	6	10
	7,01 - 10,00	11	11	9	12	13	12	9
	> 10,00	-	-	-	-	1	1	-
N/K	≤ 1,00	-	-	-	-	-	-	-
	1,01 - 3,00	9	11	12	11	13	7	8
	> 3,00	10	8	7	8	6	12	11
N/Ca	≤ 2,00	-	-	-	-	1	-	1
	2,01 - 7,00	18	15	19	19	18	19	18
	> 7,00	1	4	-	-	-	-	-
N/Mg	≤ 8,00	3	5	5	2	5	2	5
	8,01 - 14,00	14	10	11	13	11	14	11
	> 14,00	2	4	3	4	3	3	3
K/Ca	≤ 0,80	1	1	1	1	2	3	4
	0,81 - 2,40	15	12	17	18	17	16	14
	> 2,40	3	6	1	-	-	-	1
K/Mg	≤ 2,20	2	3	2	-	3	3	2
	2,21 - 6,40	15	15	16	17	14	15	16
	> 6,40	2	1	1	2	2	1	1

Tabelle 13:

Glein - KONTROLLNETZ ("Netz 86")

Bereiche und Mittelwerte der Nährelementgehalte der ungedüngten Probebäume (n=19) im Nadeljahrgang 1 in den Höhenstufen bis 1400m und über 1400m Seehöhe in den Jahren 1986 bis 1992

m SH (n)	Jahr	% N	% P	% K	% Ca	% Mg
≤ 1400m (11)	86	1,10-1,52 1,321	0,14-0,22 0,184	0,32-0,90 0,525	0,21-0,52 0,342	0,10-0,22 0,139
	87	1,01-1,49 1,181	0,12-0,20 0,170	0,28-0,90 0,445	0,16-0,43 0,259	0,10-0,17 0,134
	88	0,99-1,63 1,330	0,13-0,23 0,190	0,24-0,92 0,556	0,26-0,59 0,371	0,10-0,19 0,134
	89	1,10-1,49 1,236	0,14-0,20 0,168	0,32-0,82 0,485	0,19-0,50 0,324	0,09-0,19 0,122
	90	0,98-1,46 1,232	0,12-0,21 0,160	0,32-0,91 0,494	0,25-0,63 0,395	0,08-0,23 0,140
	91	1,03-1,48 1,275	0,13-0,25 0,177	0,22-0,76 0,414	0,19-0,46 0,358	0,08-0,24 0,135
	92	0,88-1,60 1,206	0,15-0,22 0,185	0,30-0,98 0,492	0,33-0,64 0,450	0,09-0,19 0,141
	> 1400m (8)	86	1,24-1,46 1,343	0,13-0,23 0,175	0,33-0,80 0,455	0,20-0,41 0,321
87		1,09-1,43 1,229	0,12-0,20 0,156	0,35-0,67 0,440	0,14-0,34 0,206	0,07-0,14 0,101
88		1,13-1,50 1,340	0,16-0,22 0,191	0,36-0,78 0,500	0,25-0,45 0,326	0,09-0,17 0,125
89		1,07-1,32 1,229	0,14-0,22 0,176	0,32-0,78 0,490	0,25-0,48 0,323	0,08-0,14 0,104
90		1,13-1,36 1,223	0,13-0,21 0,168	0,36-0,73 0,468	0,22-0,42 0,315	0,07-0,17 0,109
91		1,21-1,47 1,343	0,13-0,22 0,168	0,27-0,68 0,415	0,22-0,42 0,325	0,08-0,16 0,109
92		1,06-1,58 1,325	0,17-0,20 0,189	0,35-0,64 0,449	0,23-0,47 0,320	0,09-0,14 0,111

Tabelle 14:

Glein - KONTROLLNETZ ("Netz 86")

Häufigkeitsverteilung der Nährelementgehalte im Nadeljahrgang 1 der ungedüngten Probenbäume (n=19) nach den in Tabelle 1 angeführten Klassen (1: Mangel, 2: nicht ausreichend, 3: ausreichend) in den Höhenstufen bis 1400m und über 1400m in den Jahren 1986 bis 1992

m SH (n)	Jahr	% N			% P			% K			% Ca			% Mg		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
≤1400m (11)	86	6	3	2	-	-	11	1	4	6	-	7	4	-	4	7
	87	8	3	-	-	2	9	5	1	5	-	9	2	-	4	7
	88	5	4	2	-	1	10	3	-	8	-	6	5	-	3	8
	89	7	4	-	-	-	11	1	4	6	-	7	4	-	6	5
	90	8	3	-	-	4	7	1	4	6	-	7	4	-	6	5
	91	6	5	-	-	1	10	4	3	4	-	6	5	-	4	7
	92	9	1	1	-	-	11	4	3	4	-	2	9	-	4	7
> 1400m (8)	86	4	4	-	-	1	7	1	4	3	-	5	3	-	4	4
	87	6	2	-	-	2	6	-	5	3	-	8	-	1	5	2
	88	3	5	-	-	-	8	-	4	4	-	6	2	-	4	4
	89	7	1	-	-	-	8	1	3	4	-	7	1	-	6	2
	90	6	2	-	-	1	7	-	4	4	-	7	1	2	3	3
	91	3	5	-	-	1	7	3	3	2	-	5	3	-	6	2
	92	5	2	1	-	-	8	-	4	4	-	5	3	-	5	3

Tabelle 15:

Glein - KONTROLLNETZ ("Netz 86")

Häufigkeitsverteilung der "Mangeltypen" der ungedüngten Probenbäume (n=19) in den Höhenstufen bis 1400 Meter Seehöhe und darüber in den Jahren 1986 bis 1992 (Nadeljahrgang 1)

m SH (n)	Jahr	N	Mangeltyp			kein Mangel
			K	Mg	NK	
≤ 1400m (11)	1986	6	1	-	-	4
	1987	5	2	-	3	1
	1988	3	1	-	2	5
	1989	6	-	-	1	4
	1990	7	-	-	1	3
	1991	4	2	-	2	3
	1992	5	-	-	4	2
> 1400m (8)	1986	4	1	-	-	3
	1987	6	-	1	-	1
	1988	3	-	-	-	5
	1989	6	-	-	1	1
	1990	4	-	-	-	2
	1991	1	1	-	2	4
1992	5	-	-	-	3	

Tabelle 17: Glein - KONTROLLNETZ ("Netz 86")
 Bereiche und Mittelwerte der Nährelementgehalte der ungedüngten
 Probestämme (n=19) im Nadeljahrgang I in den Altersgruppen unter
 und über 100 Jahre von 1986 bis 1992

Alter (n)	Jahr	% N	% P	% K	% Ca	% Mg
≤ 100 (10)	86	1,26-1,52 1,345	0,15-0,22 0,189	0,32-0,90 0,543	0,21-0,52 0,337	0,10-0,22 0,139
	87	1,01-1,49 1,182	0,12-0,20 0,174	0,28-0,90 0,497	0,16-0,43 0,250	0,08-0,16 0,127
	88	0,99-1,63 1,324	0,13-0,23 0,190	0,24-0,92 0,597	0,26-0,51 0,354	0,10-0,17 0,131
	89	1,10-1,49 1,244	0,14-0,22 0,176	0,36-0,82 0,532	0,21-0,50 0,310	0,09-0,19 0,119
	90	0,98-1,46 1,218	0,12-0,21 0,167	0,34-0,91 0,537	0,22-0,47 0,340	0,07-0,23 0,124
	91	1,03-1,48 1,282	0,14-0,25 0,185	0,22-0,76 0,458	0,19-0,46 0,346	0,08-0,24 0,131
	92	0,88-1,60 1,208	0,15-0,22 0,189	0,30-0,98 0,537	0,23-0,64 0,399	0,09-0,19 0,129
> 100 (9)	86	1,10-1,46 1,313	0,13-0,23 0,170	0,33-0,82 0,443	0,20-0,48 0,329	0,08-0,16 0,119
	87	1,08-1,43 1,222	0,13-0,19 0,153	0,28-0,49 0,383	0,14-0,37 0,222	0,07-0,17 0,112
	88	1,13-1,55 1,346	0,16-0,21 0,191	0,32-0,64 0,461	0,25-0,59 0,350	0,09-0,19 0,129
	89	1,07-1,38 1,221	0,14-0,19 0,167	0,32-0,59 0,438	0,19-0,48 0,338	0,08-0,15 0,109
	90	1,14-1,36 1,239	0,13-0,18 0,159	0,32-0,56 0,422	0,22-0,63 0,386	0,07-0,20 0,130
	91	1,13-1,47 1,327	0,13-0,18 0,160	0,25-0,55 0,366	0,22-0,43 0,342	0,08-0,16 0,116
92	1,15-1,58 1,310	0,16-0,20 0,184	0,33-0,49 0,403	0,25-0,60 0,391	0,09-0,19 0,128	

Tabelle 18:

Glein - KONTROLLNETZ ("Netz 86")

Häufigkeitsverteilung der Nährelementgehalte im Nadeljahrgang 1 der ungedüngten Probestämme (n=19) nach den in Tabelle 1 angeführten Klassen in den Altersgruppen unter und über 100 Jahre von 1986 bis 1992

(1: Mangel; 2: nicht ausreichend; 3: ausreichend)

Alter (n)	Jahr	% N			% P			% K			% Ca			% Mg		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
≤ 100 (10)	86	5	3	2	-	-	10	1	3	6	-	7	3	-	4	6
	87	7	3	-	-	2	8	3	1	6	-	9	1	-	4	6
	88	4	5	1	-	1	9	2	1	7	-	5	5	-	4	6
	89	7	3	-	-	-	10	-	4	6	-	8	2	-	6	4
	90	7	3	-	-	3	7	-	4	6	-	8	2	1	6	3
	91	6	4	-	-	-	10	3	2	5	-	5	5	-	4	6
	92	7	2	1	-	-	10	2	3	5	-	5	5	-	5	5
> 100 (9)	86	5	4	-	-	1	8	1	5	3	-	5	4	-	4	5
	87	7	2	-	-	2	7	2	5	2	-	8	1	1	5	3
	88	4	4	1	-	-	9	1	3	5	-	7	2	-	3	6
	89	7	2	-	-	-	9	2	3	4	-	6	3	-	6	3
	90	7	2	-	-	2	7	1	4	4	-	6	3	1	3	5
	91	3	6	-	-	2	7	4	4	1	-	6	3	-	6	3
	92	7	1	1	-	-	9	2	4	3	-	3	6	-	4	5

Tabelle 19:

Glein - KONTROLLNETZ ("Netz 86")

Häufigkeitsverteilung der "Mangeltypen" der ungedüngten Probestämme (n = 19) in den Altersgruppen bis 100 und über 100 Jahre in den Jahren 1986 bis 1992 (NJ 1)

Alter (n)	Jahr	N	K	Mangeltyp			kein Mangel
				Mg	NK	NMg	
≤ 100 (10)	1986	5	1	-	-	-	4
	1987	6	2	-	1	-	1
	1988	3	1	-	1	-	5
	1989	7	-	-	-	-	3
	1990	6	-	-	-	1	3
	1991	5	2	-	1	-	2
	1992	5	-	-	2	-	3
> 100 (9)	1986	5	1	-	-	-	3
	1987	5	-	1	2	-	1
	1988	3	-	-	1	-	5
	1989	5	-	-	2	-	2

Tabelle 20:

Glein - KONTROLLNETZ ("Netz 86")

Häufigkeitsverteilung der Nährelementquotienten im Nadeljahrgang 1 der von 1986 bis 1992 bearbeiteten ungedüngten Probestämme (n=19) in den Altersgruppen unter und über 100 Jahre

		≤ 100 Jahre (n=10)						> 100 Jahre (n=9)							
		86	87	88	89	90	91	92	86	87	88	89	90	91	92
N/P	≤ 7,00	5	6	6	4	4	5	6	3	2	4	3	1	1	4
	7,01-10,00	5	4	4	6	5	5	4	6	7	5	6	8	7	5
	> 10,00	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	1	-
N/K	≤ 1,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	1,01-3,00	6	6	7	6	7	6	6	3	5	5	5	6	1	2
	> 3,00	4	4	3	4	3	4	4	6	4	4	4	3	8	7
N/Ca	≤ 2,00	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	1	-	-
	2,01-7,00	9	9	10	10	10	10	9	9	6	9	9	8	9	9
	> 7,00	1	1	-	-	-	-	-	-	3	-	-	-	-	-
N/Mg	≤ 8,00	2	4	3	2	2	2	3	1	1	2	-	3	-	2
	8,01-14,00	8	4	6	6	7	7	6	6	6	5	7	4	7	5
	> 14,00	-	2	1	2	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2
K/Ca	≤ 0,80	-	-	-	-	-	1	2	1	1	1	1	2	2	2
	0,81-2,40	8	79	10	10	9	7	7	5	8	8	7	7	7	-
	> 2,40	2	3	1	-	-	-	1	1	3	-	-	-	-	-
K/Mg	≤ 2,20	1	2	2	-	1	1	1	1	1	-	-	2	2	1
	2,21-6,40	8	7	6	9	7	8	8	7	8	9	8	7	7	8
	> 6,40	1	1	2	1	2	1	1	1	-	-	1	-	-	-
Ca/Mg	≤ 2,50	6	9	4	3	3	3	3	4	8	3	3	3	4	2
	2,51-5,00	4	1	6	7	7	6	7	5	1	6	6	6	4	7
	> 5,00	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	1	-

Tabelle 21:

Glein - KONTROLLNETZ ("Netz 86")

Bereiche und Mittelwerte der Verhältnisse der Nährelementgehalte im Nadeljahrgang 2 zu denen im Nadeljahrgang 1 (= 1,00) der ungedüngten Probestämme (n = 19) von 1986 bis 1992

Jahr	N2:N1	P2:P1	K2:K1	Ca2:Ca1	Mg2:Mg1
1986	0,74-1,04 0,853	0,58-1,07 0,765	0,50-1,36 0,832	0,63-2,38 1,585	0,70-1,14 0,910
1987	0,74-1,09 0,882	0,55-0,95 0,693	0,50-1,00 0,758	0,95-2,61 1,952	0,55-1,38 1,030
1988	0,65-1,04 0,905	0,65-1,18 0,812	0,57-1,09 0,808	0,96-1,97 1,337	0,50-1,25 0,948
1989	0,79-1,08 0,939	0,60-1,00 0,775	0,59-1,11 0,733	1,13-2,62 1,936	0,90-1,47 1,158
1990	0,75-1,07 0,937	0,61-1,00 0,823	0,56-1,03 0,812	1,15-2,21 1,680	0,57-1,38 1,042
1991	0,75-1,06	0,67-1,00	0,63-1,03	1,02-2,34	0,63-1,18

Tabelle 22:

Glein - KONTROLLNETZ ("Netz 86")

Mittelwerte der Verhältnisse der Nährelementgehalte im Nadeljahrgang 2 zu denen im Nadeljahrgang 1 (= 1,00) der ungedüngten Probestämme in den Seehöhen bis 1400m und darüber von 1986 bis 1992

m SH (n)	Jahr	N2:N1	P2:P1	K2:K1	Ca2:Ca1	Mg2:Mg1
≤ 1400m (11)	86	0,85	0,72	0,79	1,66	0,93
	87	0,90	0,69	0,80	1,78	0,95
	88	0,90	0,80	0,80	1,33	0,99
	89	0,91	0,77	0,74	1,98	1,19
	90	0,92	0,80	0,83	1,56	1,06
	91	0,91	0,81	0,85	1,68	0,99
	92	0,93	0,89	0,82	1,44	1,05
> 1400 (8)	86	0,86	0,82	0,90	1,49	0,89
	87	0,85	0,69	0,70	2,19	1,13
	88	0,91	0,82	0,82	1,34	0,90
	89	0,98	0,78	0,72	1,88	1,11
	90	0,96	0,83	0,79	1,85	1,02
	91	0,87	0,82	0,85	1,68	0,88
	92	0,89	0,80	0,83	1,71	0,90

Tabelle 23:

Glein - KONTROLLNETZ ("Netz 86")

Mittelwerte der Verhältnisse der Nährelementgehalte im Nadeljahrgang 2 zu denen im Nadeljahrgang 1 (=1,00) der ungedüngten Probestämme in den Altersgruppen unter und über 100 Jahre von 1986 bis 1992

Alter (n)	Jahr	N2:N1	P2:P1	K2:K1	Ca2:Ca1	Mg2:Mg1
≤ 100 (10)	86	0,84	0,73	0,79	1,55	0,87
	87	0,91	0,70	0,79	1,83	0,96
	88	0,90	0,84	0,85	1,31	0,91
	89	0,92	0,77	0,75	2,02	1,13
	90	0,94	0,80	0,80	1,64	1,02
	91	0,91	0,79	0,83	1,67	0,92
	92	0,93	0,88	0,80	1,51	1,01
> 100 (9)	86	0,86	0,81	0,88	1,63	0,96
	87	0,85	0,68	0,73	2,09	1,10
	88	0,91	0,78	0,77	1,37	0,99
	89	0,96	0,78	0,71	1,84	1,19
	90	0,94	0,83	0,82	1,72	1,07
	91	0,88	0,84	0,86	1,69	0,96
	92	0,89	0,82	0,84	1,60	0,97

Tabelle 24:

Glein - KONTROLLNETZ ("Netz 85")

Bereiche und Mittelwerte der Nährelementgehalte der 1986 mit WUXAL gedüngten Probenbäume (n=4) in den Jahren 1985 bis 1992 im Nadeljahrgang 1

Jahr	% N	% P	% K	% Ca	Mg
1985 (unged.)	1,22-1,61 1,375	0,14-0,24 0,195	0,48-0,74 0,620	0,39-0,60 0,465	0,09-0,25 0,163
1986	1,22-1,51 1,403	0,16-0,24 0,205	0,49-0,77 0,648	0,35-0,36 0,358	0,11-0,18 0,153
1987	1,10-1,34 1,238	0,12-0,19 0,168	0,38-0,69 0,538	0,23-0,35 0,293	0,11-0,19 0,145
1988	1,21-1,43 1,325	0,17-0,22 0,195	0,39-0,81 0,670	0,33-0,44 0,405	0,13-0,22 0,168
1989	1,14-1,48 1,298	0,15-0,19 0,173	0,42-0,70 0,620	0,29-0,41 0,338	0,11-0,17 0,135
1990	1,18-1,37 1,303	0,15-0,20 0,175	0,41-0,81 0,605	0,36-0,43 0,393	0,12-0,19 0,153
1991	1,20-1,42 1,318	0,13-0,22 0,180	0,32-0,71 0,575	0,22-0,53 0,358	0,11-0,18 0,148
1992	1,04-1,27 1,168	0,15-0,20 0,183	0,41-0,67 0,570	0,44-0,47 0,460	0,10-0,17 0,133

Tabelle 25:

Glein - KONTROLLNETZ ("Netz 86")

Bereiche und Mittelwerte der Nährelementgehalte der 1986 und 1987 mit WUXAL gedüngten Probenbäume (n=3) in den Jahren 1986 bis 1992

Jahr	% N	% P	% K	% Ca	% Mg
1986	1,15-1,64 1,417	0,16-0,20 0,180	0,37-0,70 0,543	0,20-0,52 0,330	0,08-0,20 0,140
1987	1,14-1,35 1,220	0,16-0,16 0,160	0,48-0,64 0,537	0,17-0,36 0,240	0,09-0,18 0,123
1988	1,11-1,52 1,280	0,17-0,20 0,190	0,68-0,91 0,760	0,33-0,58 0,420	0,10-0,18 0,150
1989	1,03-1,48 1,217	0,15-0,17 0,157	0,52-0,64 0,587	0,26-0,39 0,347	0,08-0,15 0,123
1990	1,03-1,39 1,167	0,14-0,18 0,157	0,53-0,68 0,623	0,27-0,41 0,337	0,10-0,15 0,117
1991	1,16-1,29 1,220	0,13-0,17 0,150	0,51-0,58 0,545	0,31-0,55 0,430	0,10-0,17 0,130

Tabelle 26:

Glein - KONTROLLNETZ ("Netz 85")

Häufigkeitsverteilung der "Mangeltypen" bei den nur mit WUXAL gedüngten (Düngung 86 bzw. 86 und 87) und ungedüngten Probestämmen des "Netzes 85"

Mangeltyp	ungedüngt (n=14)							Düngung 86 (n=4)							Düngung 86 und 87 (n=2)									
	85	86	87	88	89	90	91	92	85	86	87	88	89	90	91	92	85	86	87	88	89	90	91	92
N	6	8	9	5	9	7	4	7	1	1	2	2	2	1	1	4	1	1	1	2	2	2	2	2
K	1	2	1	1	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mg	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
NK	2	-	2	2	2	1	4	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
NKMg	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
kein Mangel	5	4	1	6	3	4	4	3	3	3	2	2	2	3	2	-	1	1	1	-	-	-	-	-

Tabelle 27:

Glein - KONTROLLNETZ ("Netz 86")

Häufigkeitsverteilung der "Mangeltypen" bei den nur mit WUXAL gedüngten (Düngung 86 und 87) und ungedüngten Probestämmen des "Netzes 86"

Mangeltyp	ungedüngt (n=19)							Düngung 86 (n=4)							Düngung 86 und 87 (n=3)						
	86	87	88	89	90	91	92	86	87	88	89	90	91	92	86	87	88	89	90	91	92
N	10	11	6	12	11	5	10	1	2	2	2	1	1	4	1	2	2	2	2	3	3
K	2	2	1	-	-	3	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-
Mg	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
NK	-	3	2	2	1	4	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
NKMg	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
kein Mangel	7	2	10	5	5	7	5	3	2	2	2	3	2	-	2	1	1	1	1	-	-

Tabelle 28:

Glein - KONTROLLNETZ ("Netz 85")

Häufigkeitsverteilung der Nährelementgehalte im Nadeljahrgang 1 nach den in Tabelle 1 angeführten Klassen der 1986 mit WUXAL gedüngten Probestämme (n=4) von 1985 bis 1992 (1: Mangel; 2: nicht ausreichend; 3: ausreichend)

Jahr	% N			% P			% K			% Ca			% Mg		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1985	1	2	1	-	-	4	-	-	4	-	-	4	-	1	3
1986	1	2	1	-	-	4	-	-	4	-	4	-	-	1	3
1987	2	2	-	-	1	3	-	1	3	-	4	-	-	1	3
1988	2	2	-	-	-	4	-	1	3	-	1	3	-	-	4
1990	2	2	-	-	-	4	-	1	3	-	2	1	-	1	2

Tabelle 29:

Glein - KONTROLLNETZ ("Netz 86")

Häufigkeitsverteilung der Nährelementgehalte im Nadeljahrgang 1 nach den in Tabelle 1 angeführten Klassen der 1986 und 1987 mit WUXAL gedüngten Probebäume (n=3) von 1986 bis 1992

(1: Mangel; 2: nicht ausreichend; 3: ausreichend)

Jahr	% N			% P			% K			% Ca			% Mg		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1986	1	1	1	-	-	3	-	1	2	-	2	1	-	1	2
1987	2	1	-	-	-	3	-	-	3	-	3	-	-	2	1
1988	2	-	1	-	-	3	-	-	3	-	2	1	-	1	2
1989	2	1	-	-	-	3	-	-	3	-	1	2	-	1	2
1990	2	1	-	-	-	3	-	-	3	-	2	1	-	2	1
1991	3	-	-	-	1	2	-	-	3	-	1	2	-	1	2
1992	3	-	-	-	-	3	-	-	3	-	1	2	-	1	2

Tabelle 30:

Glein - KONTROLLNETZ ("Netz 86")

Häufigkeitsverteilung der Nährelementquotienten der 1986 bzw. 1986 und 1987 mit WUXAL gedüngten Probebäume in den Jahren 1986 bis 1992

		86	87	88	89	90	91	92
N/P	≤7,00	2	1	3	2	1	3	5
	7,01-10,00	5	6	4	5	6	4	2
	>10,00	-	-	-	-	-	-	-
N/K	≤ 1,00	-	-	-	-	-	-	-
	1,01- 3,00	5	6	6	6	6	6	6
	> 3,00	2	1	1	1	1	1	1
N/Ca	≤ 2,00	-	-	-	-	-	-	1
	2,01- 7,00	7	7	7	7	7	7	6
	> 7,00	-	-	-	-	-	-	-
N/Mg	≤8,00	-	1	3	-	3	3	4
	8,01-14,00	6	6	4	7	4	4	3
	>14,00	1	-	-	-	-	-	-
K/Ca	≤ 0,80	-	-	-	-	-	-	1
	0,81- 2,40	6	5	7	7	7	7	6
	> 2,40	1	2	-	-	-	-	-
K/Mg	≤ 2,20	-	-	1	-	-	-	-
	2,21- 6,40	7	7	5	6	6	7	6
	> 6,40	-	-	1	1	1	-	1

Tabelle 31:

Glein - "Düngungsfläche 1989"/ FV Hatschek

Bereiche und Mittelwerte der Nährelementgehalte im Nadeljahrgang 1 der gedüngten (Düngung 1989*) und ungedüngten Probestämme in den Jahren 1988 bis 1992

Jahr	Kontrolle	Düngung*	Jahr	Kontrolle	Düngung*		
% N	88	1,13 - 1,41 1,283	1,15 - 1,32 1,237	% Ca	88	0,24 - 0,32 0,273	0,33 - 0,39 0,360
	89	1,09 - 1,35 1,257	1,27 - 1,53 1,420		89	0,29 - 0,36 0,320	0,38 - 0,43 0,400
	90	1,21 - 1,33 1,270	1,34 - 1,46 1,400		90	0,19 - 0,63 0,350	0,29 - 0,45 0,343
	91	1,01 - 1,41 1,217	1,38 - 1,49 1,430		91	0,24 - 0,31 0,270	0,28 - 0,35 0,323
	92	1,19 - 1,37 1,307	1,27 - 1,52 1,387		92	0,23 - 0,53 0,383	0,28 - 0,69 0,440
% P	88	0,18 - 0,24 0,203	0,19 - 0,20 0,193	% Mg	88	0,08 - 0,12 0,100	0,09 - 0,15 0,117
	89	0,18 - 0,24 0,210	0,20 - 0,22 0,213		89	0,07 - 0,12 0,093	0,09 - 0,12 0,100
	90	0,17 - 0,25 0,197	0,21 - 0,22 0,213		90	0,05 - 0,12 0,080	0,09 - 0,11 0,103
	91	0,16 - 0,19 0,180	0,21 - 0,25 0,233		91	0,08 - 0,10 0,087	0,09 - 0,11 0,100
	92	0,19 - 0,25 0,213	0,19 - 0,21 0,203		92	0,08 - 0,15 0,107	0,11 - 0,15 0,130
% K	88	0,24 - 0,39 0,317	0,33 - 0,61 0,453				
	89	0,27 - 0,36 0,327	0,60 - 0,81 0,720				
	90	0,29 - 0,35 0,327	0,90 - 1,05 0,960				
	91	0,25 - 0,53 0,397	0,71 - 0,99 0,853				
	92	0,24 - 0,41 0,317	0,68 - 0,98 0,853				

Tabelle 32:

Glein - "Düngungsfläche 1989" / FV Hatschek

Häufigkeitsverteilung der Nährelementgehalte im Nadeljahrgang 1 nach den in Tabelle 1 angeführten Klassen der gedüngten (Düngung 1989*) und ungedüngten Probebäume in den Jahren 1988 bis 1992

(1: Mangel; 2: nicht ausreichend; 3: ausreichend)

Jahr	% N			% P			Düngung 89*			% Ca			% Mg		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1988	2	1	-	-	-	3	1	1	1	-	2	1	-	2	1
1989	1	1	1	-	-	3	-	-	3	-	-	3	-	2	1
1990	-	3	-	-	-	3	-	-	3	-	2	1	-	3	-
1991	-	3	-	-	-	3	-	-	3	-	3	-	-	3	-
1992	1	1	1	-	-	3	-	-	3	-	2	1	-	1	2

Jahr	% N			% P			Kontrolle			% Ca			% Mg		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1988	1	2	-	-	-	3	2	1	-	-	3	-	-	2	1
1989	1	2	-	-	-	3	1	2	-	-	3	-	1	1	1
1990	2	1	-	-	-	3	1	2	-	-	2	1	2	-	1
1991	2	1	-	-	-	3	1	1	1	-	3	-	-	3	-
1992	1	2	-	-	-	3	2	1	-	-	1	2	-	2	1

Tabelle 33:

Glein - "Düngungsfläche 1989" / FV Hatschek

Mittelwerte der Nährelementquotienten im Nadeljahrgang 1 der gedüngten (Düngung 1989*) und ungedüngten Probebäume in den Jahren 1988 bis 1992

	Düngung 1989*					Kontrolle				
	1988	1989	1990	1991	1992	1988	1989	1990	1991	1992
N/P	6,39	6,65	6,56	6,18	6,83	6,41	6,08	6,64	6,87	6,20
N/K	2,86	1,99	1,47	1,71	1,67	4,29	3,94	3,91	3,52	4,33
N/Ca	3,43	3,69	4,25	4,48	3,69	4,74	3,93	4,67	4,62	3,86
N/Mg	10,95	14,36	13,71	14,42	10,74	13,05	13,88	17,81	14,37	13,06
K/Ca	1,24	1,82	2,93	2,63	2,14	1,18	1,03	1,20	1,44	0,86
K/Mg	3,85	6,56	9,33	8,54	6,71	3,32	3,69	4,62	4,52	3,05
Ca/Mg	3,18	4,09	3,32	3,23	3,58	2,76	3,53	4,11	3,12	3,66

Tabelle 34:

Glein - "Düngungsfläche 1989" / FV Hatschek

Häufigkeitsverteilung der Nährelementquotienten im Nadeljahrgang 1 der gedüngten (Düngung 1989*) und ungedüngten Probestämme in den Jahren 1988 bis 1992

		Düngung 1989*					Kontrolle				
		1988	1989	1990	1991	1992	1988	1989	1990	1991	1992
N/P	≤ 7,00	3	3	3	2	1	2	2	1	2	2
	7,01-10,00	-	-	-	1	2	1	1	2	1	1
	> 10,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
N/K	≤ 1,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	1,01-3,00	2	3	3	3	3	1	-	-	2	-
	> 3,00	1	-	-	-	-	2	3	3	1	3
N/Ca	≤ 2,00	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-
	2,01-7,00	3	3	3	3	2	3	3	3	3	3
	> 7,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
N/Mg	≤ 8,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	8,01-14,00	3	1	2	2	3	1	1	1	1	1
	> 14,00	-	2	1	1	-	2	2	2	2	2
K/Ca	≤ 0,80	-	-	-	-	-	-	-	1	-	2
	0,81-2,40	3	3	1	-	1	3	3	2	3	1
	> 2,40	-	-	2	3	2	-	-	-	-	-
K/Mg	≤ 2,20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	2,21-6,40	3	1	-	-	2	3	3	2	3	3
	> 6,40	-	2	3	3	1	-	-	1	-	-
Ca/Mg	≤ 2,50	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-
	2,51-5,00	3	3	3	3	-	3	3	2	3	3
	> 5,00	-	-	-	-	1	-	-	1	-	-

Tabelle 35:

Glein - "Düngungsfläche 1989" / FV Hatschek

Mittelwerte der Verhältnisse der Nährelementgehalte im Nadeljahrgang 2 zu denen im Nadeljahrgang 1 (=1,00) der gedüngten (Düngung 1989*) und ungedüngten Probestämme in den Jahren 1988 bis 1992

	Düngung 1989*					Kontrolle				
	1988	1989	1990	1991	1992	1988	1989	1990	1991	1992
N2 : N1	0,95	0,98	1,01	0,99	1,01	0,88	0,96	0,99	1,08	0,96
P2 : P1	0,89	0,94	0,79	0,91	1,01	0,91	0,93	1,00	1,14	0,96
K2 : K1	0,79	0,88	0,77	0,85	0,83	0,74	0,71	0,78	0,81	0,88
Ca2 : Ca1	1,16	1,49	1,74	1,56	1,14	1,56	1,77	1,85	1,78	1,50
Mg2 : Mg1	0,79	0,96	0,75	0,86	0,83	0,95	1,23	1,09	1,13	1,01

Tabelle 36:

"Düngungsfläche 1989"/FV Liechtenstein/Waldstein

Bereiche und Mittelwerte der Nährelementgehalte im Nadeljahrgang 1 der gedüngten (Düngung 1989*) und ungedüngten Probebäume in den Jahren 1988 bis 1992

	Jahr	Kontrolle	Düngung*	Düngung Oberhang	Düngung Unterhang
% N	88	1,25 - 1,50 1,347	1,24 - 1,45 1,340	1,29 - 1,45 1,373	1,24 - 1,39 1,307
	89	1,25 - 1,40 1,303	1,36 - 1,70 1,543	1,36 - 1,53 1,443	1,56 - 1,70 1,643
	90	1,18 - 1,34 1,243	1,20 - 1,61 1,402	1,20 - 1,42 1,297	1,35 - 1,61 1,507
	91	1,21 - 1,28 1,250	1,27 - 1,45 1,367	1,27 - 1,43 1,330	1,35 - 1,45 1,403
	92	1,10 - 1,18 1,147	1,19 - 1,37 1,282	1,19 - 1,30 1,260	1,24 - 1,37 1,303
% P	88	0,15 - 0,20 0,167	0,11 - 0,21 0,172	0,11 - 0,21 0,170	0,14 - 0,21 0,173
	89	0,16 - 0,20 0,183	0,12 - 0,23 0,177	0,12 - 0,18 0,157	0,18 - 0,23 0,197
	90	0,15 - 0,20 0,167	0,12 - 0,23 0,170	0,12 - 0,20 0,167	0,14 - 0,23 0,173
	91	0,14 - 0,19 0,170	0,12 - 0,21 0,168	0,12 - 0,19 0,163	0,14 - 0,21 0,173
	92	0,15 - 0,19 0,170	0,15 - 0,19 0,170	0,15 - 0,18 0,167	0,16 - 0,19 0,173
% K	88	0,23 - 0,57 0,413	0,34 - 0,89 0,495	0,34 - 0,89 0,583	0,36 - 0,50 0,407
	89	0,25 - 0,51 0,357	0,55 - 0,93 0,707	0,55 - 0,93 0,703	0,67 - 0,76 0,710
	90	0,26 - 0,50 0,347	0,70 - 0,90 0,802	0,72 - 0,90 0,803	0,70 - 0,89 0,800
	91	0,22 - 0,50 0,343	0,61 - 0,93 0,715	0,64 - 0,82 0,710	0,61 - 0,93 0,720
	92	0,19 - 0,47 0,293	0,33 - 0,79 0,573	0,33 - 0,79 0,550	0,49 - 0,76 0,597
% Ca	88	0,47 - 0,52 0,497	0,27 - 0,67 0,467	0,46 - 0,67 0,560	0,27 - 0,45 0,373
	89	0,28 - 0,48 0,370	0,36 - 0,69 0,508	0,45 - 0,62 0,527	0,36 - 0,69 0,490
	90	0,23 - 0,33 0,290	0,34 - 0,58 0,473	0,50 - 0,58 0,540	0,34 - 0,48 0,407
	91	0,27 - 0,35 0,317	0,23 - 0,53 0,388	0,34 - 0,53 0,450	0,23 - 0,49 0,327
	92	0,20 - 0,54 0,423	0,40 - 0,84 0,573	0,55 - 0,84 0,683	0,40 - 0,55 0,463
% Mg	88	0,08 - 0,17 0,137	0,09 - 0,18 0,132	0,11 - 0,18 0,147	0,09 - 0,15 0,117
	89	0,07 - 0,12 0,097	0,09 - 0,14 0,117	0,09 - 0,14 0,120	0,10 - 0,13 0,113
	90	0,06 - 0,10 0,087	0,09 - 0,15 0,115	0,09 - 0,15 0,123	0,09 - 0,12 0,107
	91	0,08 - 0,11	0,09 - 0,16	0,09 - 0,16	0,09 - 0,12

Tabelle 37:

Glein - "Düngungsfläche 1989"/FV Liechtenstein-Waldstein

Häufigkeitsverteilung der Nährelementgehalte im Nadeljahrgang 1 nach den in Tabelle 1 angeführten Klassen der gedüngten (Düngung 1989*) und ungedüngten Probebäume in den Jahren 1988 bis 1992

(1: Mangel; 2: nicht ausreichend; 3: ausreichend)

	Jahr	% N			% P			% K			% Ca			% Mg		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Kontrolle	88	2	1	-	-	-	3	1	-	2	-	-	3	-	1	2
	89	2	1	-	-	-	3	2	-	1	-	2	1	1	1	1
	90	2	1	-	-	-	3	2	-	1	-	3	-	1	2	-
	91	3	-	-	-	-	3	2	-	1	-	3	-	-	3	-
	92	3	-	-	-	-	3	2	-	1	-	1	2	1	-	2
Düngung* (Gesamt)	88	3	3	-	1	-	5	-	3	3	-	1	5	-	3	3
	89*	-	2	4	-	1	5	-	-	6	-	1	5	-	3	3
	90	2	2	2	-	1	5	-	-	6	-	1	5	-	3	3
	91	2	4	-	-	1	5	-	-	6	-	3	3	-	3	3
	92	5	1	-	-	-	6	1	-	5	-	-	6	-	4	2
Düngung* (Oberhang)	88	1	2	-	1	-	2	-	1	2	-	-	3	-	1	2
	89*	-	2	1	-	1	2	-	-	3	-	-	3	-	1	2
	90	2	1	-	-	1	2	-	-	3	-	-	3	-	1	2
	91	2	1	-	-	1	2	-	-	3	-	1	2	-	1	2
	92	3	-	-	-	-	3	1	-	2	-	-	3	-	2	1
Düngung* (Unterhang)	88	2	1	-	-	-	3	-	2	1	-	1	2	-	2	1
	89*	-	-	3	-	-	3	-	-	3	-	1	2	-	2	1
	90	-	1	2	-	-	3	-	-	3	-	1	2	-	2	1
	91	-	3	-	-	-	3	-	-	3	-	2	1	-	2	1
	92	2	1	-	-	-	3	-	-	3	-	-	3	-	2	1

Tabelle 38:

Glein - "Düngungsfläche 1989"/FV Liechtenstein-Waldstein

Mittelwerte der Nährelementquotienten im Nadeljahrgang 1 der gedüngten (Düngung 1989*) und ungedüngten Probebäume in den Jahren 1988 bis 1992

	Düngung 1989*					Kontrolle				
	1988	1989	1990	1991	1992	1988	1989	1990	1991	1992
N/P	8,23	8,94	8,61	8,37	7,61	8,14	7,15	7,55	7,46	6,82
N/K	3,05	2,25	1,77	1,97	2,42	3,87	4,03	3,92	4,09	4,52
N/Ca	3,09	3,20	3,08	3,92	2,38	2,72	3,70	4,36	4,01	3,36
N/Mg	10,75	13,52	12,64	12,51	11,99	10,87	14,12	15,06	13,20	12,53

Tabelle 39:

Glein - "Düngungsfläche 1989"/FV Liechtenstein-Waldstein

Häufigkeitsverteilung der Nährelementquotienten im Nadeljahrgang 1 der gedüngten (Düngung 1989*) und ungedüngten Probestämme in den Jahren 1988 bis 1992

		Düngung 1989*					Kontrolle				
		1988	1989	1990	1991	1992	1988	1989	1990	1991	1992
N/P	≤ 7,00	2	-	2	2	1	-	2	1	2	2
	7,01-10,00	3	5	2	2	5	3	1	2	1	1
	> 10,00	1	1	2	2	-	-	-	-	-	-
N/K	≤ 1,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	1,01-3,00	3	6	6	6	5	2	1	1	1	1
	> 3,00	3	-	-	-	1	1	2	2	2	2
N/Ca	≤ 2,00	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-
	2,01-7,00	6	6	6	6	4	3	3	3	3	3
	> 7,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
N/Mg	≤ 8,00	1	-	-	-	-	1	-	-	-	-
	8,01-14,00	4	3	4	4	5	1	2	2	2	2
	> 14,00	1	3	2	2	1	1	1	1	1	1
K/Ca	≤ 0,80	3	-	-	-	2	1	1	1	1	1
	0,81-2,40	3	6	5	5	4	2	2	2	2	2
	> 2,40	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-
K/Mg	≤ 2,20	-	-	-	-	-	1	-	-	1	1
	2,21-6,40	5	3	2	3	4	2	3	3	2	2
	> 6,40	1	3	4	3	2	-	-	-	-	-
Ca/Mg	≤ 2,50	1	-	-	2	-	-	-	-	-	-
	2,51-5,00	5	4	4	2	4	2	3	3	3	3
	> 5,00	-	2	2	2	2	1	-	-	-	-

Tabelle 40:

Glein - "Düngungsfläche 1989"/FV Liechtenstein-Waldstein

Mittelwerte der Verhältnisse der Nährelementgehalte im Nadeljahrgang 2 zu denen im Nadeljahrgang 1 (=1,00) der gedüngten (Düngung 1989*) und ungedüngten Probebäume in den Jahren 1988 bis 1992

	Jahr	Kontrolle	Düngung 89*	Düngung 89* (Oberhang)	Düngung *89 (Unterhang)
N2 : N1	88	0,93	0,93	0,93	0,93
	89	0,96	0,93	0,96	0,90
	90	1,04	1,01	1,05	0,97
	91	0,97	1,01	1,02	0,99
	92	1,00	1,00	0,99	1,00
P2 : P1	88	0,95	0,77	0,82	0,71
	89	0,78	0,88	0,84	0,93
	90	0,79	0,85	0,83	0,87
	91	0,81	0,86	0,85	0,88
	92	0,90	0,96	0,94	0,98
K2 : K1	88	0,81	0,78	0,73	0,84
	89	0,75	0,83	0,78	0,89
	90	0,79	0,76	0,71	0,81
	91	0,97	0,78	0,74	0,82
	92	0,88	0,86	0,82	0,89
Ca2 : Ca1	88	0,93	1,19	0,89	1,50
	89	2,04	1,71	1,81	1,61
	90	2,05	1,84	1,91	1,76
	91	1,99	1,90	1,89	1,92
	92	1,63	1,31	1,36	1,27
Mg2 : Mg1	88	0,82	0,97	0,97	0,96
	89	1,13	1,05	1,07	1,03
	90	0,93	0,86	0,98	0,74
	91	0,99	0,91	0,99	0,84
	92	0,87	0,91	0,96	0,86

Tabelle 41:

Glein - "Düngungsflächen 1989"

Mittelwerte der Nährelementgehalte des Nadeljahrganges I in den Jahren 1989 bis 1992 in Prozent der Mittelwerte im Jahr 1988 (=100) der gedüngten (Düngung 1989*) und ungedüngten Probestämme der "Düngungsversuchsflächen 1989" (FV Hatschek und FV Liechtenstein-Waldstein)

Jahr		Hatschek		Liechtenstein-Waldstein			
		Kontrolle	Düngung 89*	Kontrolle	Düngung 89* Gesamt	Düngung 89* Oberhang	Düngung 89* Unterhang
% N	89	98,0	114,8	96,7	115,1	105,1	125,7
	90	99,0	113,2	92,3	104,6	94,5	115,3
	91	94,9	115,6	92,8	102,0	96,9	107,3
	92	101,9	112,1	85,2	95,7	91,8	99,7
% P	89	103,4	110,4	109,6	102,9	92,4	113,9
	90	97,0	110,4	100,0	98,8	98,2	100,0
	91	88,7	120,7	101,8	97,7	95,9	100,0
	92	104,9	105,2	101,8	98,8	98,2	100,0
% K	89	103,2	158,9	86,4	142,8	120,6	174,4
	90	103,2	211,9	84,0	162,0	137,7	196,6
	91	125,2	188,3	83,1	144,4	121,8	176,9
	92	100,0	188,3	70,9	115,8	94,3	146,7
% Ca	89	117,2	111,1	74,4	108,8	94,1	131,4
	90	128,2	95,3	58,4	101,3	96,4	109,1
	91	98,9	89,7	63,8	83,1	80,4	87,7
	92	140,3	122,2	85,1	122,7	122,0	124,1
% Mg	89	93,0	85,5	70,8	88,6	81,6	96,6
	90	80,0	88,0	63,5	87,1	83,7	91,5
	91	87,0	85,5	70,8	85,6	83,7	88,0
	92	107,0	111,1	75,2	83,3	76,9	91,5

Tabelle 42:

Glein - "Düngungsflächen 1989"

Mittelwerte der Nährelementquotienten des Nadeljahrganges 1 in den Jahren 1989 bis 1992 in Prozent der Mittelwerte im Jahr 1988 (=100) der gedüngten (Düngung 1989*) und ungedüngten Probestämme der "Düngungsversuchsflächen 1989" (FV-Hatschek und FV Liechtenstein-Waldstein)

Jahr	Hatschek		Liechtenstein-Waldstein				
	Kontrolle	Düngung 89*	Kontrolle	Düngung 89* Gesamt	Düngung 89* Oberhang	Düngung 89* Unterhang	
N/P	89	94,9	104,1	87,8	108,6	109,1	108,2
	90	103,6	102,7	92,8	104,6	94,4	115,9
	91	107,2	96,7	91,6	101,7	97,7	106,3
	92	96,7	106,9	83,8	92,5	88,1	97,3
N/K	89	91,8	69,6	104,1	73,8	78,1	70,1
	90	91,1	51,4	101,3	58,0	58,4	57,7
	91	82,1	59,8	105,7	64,6	68,1	61,3
	92	100,9	58,4	116,8	79,3	91,8	68,9
N/Ca	89	82,9	107,6	136,0	103,6	111,1	98,4
	90	98,5	123,9	160,3	99,7	95,6	102,5
	91	97,5	130,6	147,4	126,9	121,0	130,6
	92	81,4	107,6	123,5	77,0	75,0	78,1
N/Mg	89	106,4	131,1	129,9	125,8	127,9	124,0
	90	136,5	125,2	138,5	117,6	112,9	121,4
	91	110,1	131,7	121,4	116,4	116,3	116,4
	92	100,1	98,1	115,3	111,5	122,5	102,5
K/Ca	89	87,3	146,8	115,7	134,9	128,6	139,8
	90	101,7	236,3	145,8	162,4	141,9	180,5
	91	122,0	212,1	130,1	191,7	155,2	225,2
	92	72,9	172,6	94,0	97,2	74,3	117,7
K/Mg	89	111,1	170,4	108,7	159,3	143,7	179,3
	90	139,2	242,3	119,2	182,2	157,5	213,6
	91	136,1	221,8	103,2	167,3	141,0	200,6
	92	91,9	174,3	86,3	142,5	123,8	166,3
Ca/Mg	89	127,9	128,6	92,7	123,3	115,0	132,6
	90	148,9	104,4	82,6	117,3	117,8	116,3
	91	113,0	101,6	79,7	97,5	97,2	97,9
	92	132,6	112,6	96,1	151,8	168,7	131,8

Tabelle 43:

Düngungsparzelle 10/FV Liechtenstein-Waldstein

Mittelwerte der Nährelementgehalte im Nadeljahrgang 1 der gedüngten (1987) und ungedüngten Probestämme mit unterschiedlich ausgeprägten Schadsymptomen

Jahr	grün		vergilbt		
	Kontrolle (2, 4)	Düngung 87 (1, 3)	Kontrolle (2V, 4V)	Düngung 87 (1V, 3V)	
% N	86	1,285	1,190	1,260	1,130
	87	1,235	1,245	1,510	1,030
	89	1,285	1,425	1,240	1,305
	90	1,290	1,410	1,405	1,330
	91	1,365	1,290	1,380	1,220
	92	1,465	1,430	1,445	1,360
% P	86	0,130	0,145	0,130	0,115
	87	0,125	0,135	0,275	0,140
	89	0,160	0,170	0,160	0,150
	90	0,135	0,165	0,150	0,150
	91	0,140	0,160	0,145	0,140
	92	0,175	0,190	0,155	0,175
% K	86	0,400	0,300	0,210	0,205
	87	0,380	0,290	0,340	0,260
	89	0,410	0,530	0,290	0,435
	90	0,380	0,510	0,300	0,465
	91	0,470	0,445	0,330	0,520
	92	0,480	0,475	0,460	0,590
% Ca	86	0,230	0,250	0,230	0,225
	87	0,265	0,300	0,255	0,175
	89	0,305	0,325	0,340	0,320
	90	0,270	0,315	0,370	0,415
	91	0,285	0,275	0,240	0,310
	92	0,285	0,345	0,365	0,345
% Mg	86	0,085	0,085	0,080	0,085
	87	0,090	0,090	0,090	0,070
	89	0,085	0,085	0,105	0,095
	90	0,080	0,085	0,100	0,110
	91	0,090	0,085	0,080	0,095
	92	0,090	0,105	0,090	0,105

Tabelle 44:

Zahl der Jahre mit Überschreitungen der langjährigen Unterschreitungen der langjährigen Niederschlagsmittel in den sechs Fünfjahresperioden von 1963 bis 1992 an der Station Zeltweg

Jahr	Temperatur >NZ (Zahl d. Jahre)				Niederschlag <NZ (Zahl d. Jahre)			
	I-XII	IV-IX	V-IX	VI-VIII	I-XII	IV-IX	V-IX	VI-VIII
63-67	2	4	4	3	2	3	3	3
68-72	1	2	1	2	2	2	2	-
73-77	0	2	0	1	1	0	0	1

Tabelle 45:

Zuordnung der Periodenmittelwerte der "Sommermonate" (IV bis IX, V bis IX, VI bis VIII) der Station Zeltweg in den einzelnen Jahren nach ihren Abweichungen von den langjährigen Mitteln von Temperatur und Niederschlag auf vier Witterungstypen von 1963 bis 1992

Jahr	IV-IX				V-IX				VI-VIII			
	WF	WT	KT	KF	WF	WT	KT	KF	WF	WT	KT	KF
63-67	1	3	-	1	-	3	-	2	-	3	-	2
68-72	1	1	1	2	-	1	1	3	2	-	-	3
73-77	1	-	3	1	1	1	3	-	-	1	3	1
78-82	1	1	1	2	-	2	1	2	-	2	-	3
83-87	1	3	1	-	1	3	1	-	1	3	1	-
88-92	2	2	1	-	2	3	-	-	2	3	-	-

Tabelle 46:

Witterungstypen in den Monaten April bis September, Mai bis September und Juni bis August in den einzelnen Jahren von 1963 bis 1992

Jahr	IV-IX				V-IX				VI-VIII			
	WF	WT	KT	KF	WF	WT	KT	KF	WF	WT	KT	KF
1963		X				X				X		
1964		X				X				X		
1965				X				X				X
1966	X							X				X
1967		X				X				X		
1968	X							X				X
1969		X				X						X
1970				X				X		X		
1971			X				X			X		
1972				X				X				X
1973				X	X					X		
1974			X				X				X	
1975	X				X							X
1976			X				X				X	
1977			X				X				X	
1978				X				X				X
1979				X				X				X
1980			X				X					X
1981		X				X				X		
1982	X				X					X		
1983		X				X				X		
1984			X				X				X	
1985	X				X				X			
1986		X				X				X		
1987		X				X				X		
1988		X				X				X		
1989	X				X				X			
1990			X		X				X			
1991	X				X				X			
1992		X				X				X		

GLEIN-KONTROLLNETZ - Nadeljahrgang 1

Baum	% S							
	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992
1	0,09	0,08	0,09	0,10	0,10	0,09	0,09	0,10
2	0,11	0,12	0,11	0,12	0,11	0,09	0,11	0,13
3	0,09	0,09	0,08	0,10	0,08	0,07	0,10	0,10
4	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,07	0,09	-
5	0,09	0,10	0,09	0,11	0,10	0,11	0,11	0,11
6	0,08	0,08	0,08	-	-	-	-	-
7	0,08	0,08	0,08	-	-	-	-	-
8	0,11	0,11	0,09	0,11	0,11	0,09	0,11	0,10
9	0,09	0,09	0,09	0,11	0,10	0,09	0,09	0,08
10	0,09	0,09	0,09	0,10	-	0,09	0,10	0,10
11	0,11	0,10	0,11	0,11	0,11	0,09	0,11	0,10
12	0,09	0,10	0,08	0,10	0,09	0,09	0,09	0,09
13	0,08	0,07	0,08	0,10	0,09	0,07	0,09	0,08
14	-	0,09	0,09	0,11	0,09	0,08	0,11	0,10
15	-	0,09	0,10	0,10	0,11	-	-	-
16	-	0,10	0,09	0,11	0,11	0,09	0,11	0,10
17	0,09	0,08	0,08	0,09	0,09	0,08	0,10	0,10
18	0,11	0,12	0,12	0,14	0,11	0,10	0,11	0,11
19	0,10	0,09	0,08	0,10	0,11	0,08	0,09	0,10
20	0,12	0,12	0,10	0,12	0,11	0,10	0,12	0,12
21	0,09	0,09	0,09	0,11	0,10	0,08	0,09	0,10
22	0,11	0,10	-	0,12	0,10	0,09	0,11	0,11
23*	0,10	0,10	0,08*	0,09*	0,08*	0,08*	0,09*	0,09*
24	0,10	0,08	0,09	0,09	-	0,07	0,10	0,08
25	0,08	0,08	-	0,10	-	0,07	0,08	0,08
26	0,09	0,07	-	0,10	0,08	0,07	0,08	0,09
27	0,11	0,12	0,14	0,14	0,14	0,11	0,13	0,13
28	0,10	0,09	0,10	-	-	-	-	-
29	0,09	0,08	0,09	0,11	0,09	0,09	0,10	0,10
30	0,10	0,09	0,10	-	-	-	-	-
31	0,11	0,11	0,11	0,10	0,10	0,10	0,12	0,10
32	0,10	0,11	0,11	0,10	0,11	0,10	0,10	0,10
33	0,07	0,08	0,10	-	-	-	-	-
34	0,10	0,09	0,09	0,09	0,10	0,09	0,11	0,10
35	0,09	0,09	0,09	0,10	0,09	0,07	0,09	0,09
36	-	0,11	0,08	0,11	0,12	0,10	0,10	0,10
37	-	0,09	0,09	0,10	-	0,11	0,11	0,11
38	-	0,12	0,10	0,10	-	0,12	0,13	0,14
39	-	0,10	0,08	0,09	0,08	0,08	0,09	-
40	-	0,08	0,08	0,09	0,11	0,07	0,09	0,10
41	-	0,09	0,10	0,08	0,09	0,08	0,10	0,10
42	-	0,10	0,10	0,13	0,11	0,09	0,10	0,10
43	-	0,10	0,11	0,11	0,11	0,09	0,11	0,11
44	-	0,12	0,15	0,17	0,12	0,11	0,13	0,14
45	-	0,11	0,14	0,11	0,11	0,11	0,12	0,13
46	-	0,10	0,10	0,10	0,09	0,08	0,10	0,09
47*	-	0,12	0,10	0,10*	0,10*	0,11*	0,09*	0,10*

GLEIN-KONTROLLNETZ - Nadeljahrgang 1

Baum	% N							
	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992
1	1,27	1,34	1,14	1,29	1,28	1,35	1,37	1,30
2	1,22	1,46	1,43	1,43	1,32	1,14	1,47	1,58
3	1,16	1,15	1,14	1,11	1,03	1,03	1,29	1,18
4	1,36	1,39	1,28	1,21	1,25	1,15	1,24	-
5	1,39	1,46	1,32	1,35	1,30	1,36	1,40	1,48
6	1,35	1,34	1,16	-	-	-	-	-
7	1,07	1,20	1,26	-	-	-	-	-
8	1,61	1,51	1,34	1,43	1,36	1,32	1,33	1,27
9	1,48	1,52	1,49	1,63	1,44	1,46	1,39	1,24
10	1,36	1,36	1,19	1,38	-	1,13	1,27	1,19
11	1,53	1,64	1,35	1,21	1,14	1,08	1,22	1,26
12	0,98	1,24	1,09	1,13	1,07	1,18	1,21	1,18
13	1,40	1,28	1,26	1,50	1,19	1,21	1,47	1,30
14	-	1,26	1,32	1,50	1,31	1,33	1,38	1,34
15	-	1,31	1,24	1,34	1,24	-	-	-
16	-	1,60	1,31	1,46	1,45	1,43	1,54	1,34
17	1,18	1,26	1,04	0,99	1,18	1,11	1,09	1,06
18	1,22	1,22	1,10	1,24	1,14	1,18	1,20	1,12
19	1,40	1,37	1,20	1,42	1,29	1,18	1,24	1,43
20	1,30	1,30	1,20	1,27	1,16	1,23	1,34	1,27
21	1,35	1,25	1,24	1,38	1,38	1,30	1,24	1,28
22	1,45	1,25	-	1,44	1,23	1,30	1,31	1,26
23*	1,38	1,37	1,09*	1,17*	1,11*	1,14*	1,06*	1,08*
24	1,56	1,24	1,26	1,24	-	1,27	1,36	1,04
25	1,20	1,16	-	1,10	-	1,16	1,12	1,08
26	1,29	1,18	-	1,40	1,13	1,12	1,07	0,99
27	1,35	1,46	1,31	1,42	1,48	1,34	1,32	1,24
28	1,30	1,31	1,29	-	-	-	-	-
29	1,22	1,10	1,08	1,21	1,16	1,21	1,13	1,15
30	1,18	1,15	1,14	-	-	-	-	-
31	1,32	1,42	1,20	1,21	1,21	1,37	1,42	1,04
32	1,39	1,30	1,18	1,21	1,19	1,41	1,28	1,28
33	1,11	1,21	1,42	-	-	-	-	-
34	1,21	1,31	1,01	1,26	1,10	1,22	1,26	1,08
35	1,22	1,29	1,19	1,33	1,22	1,13	1,24	1,06
36	-	1,46	1,17	1,52	1,48	1,39	1,16	1,04
37	-	1,24	1,14	1,34	-	1,44	1,29	1,01
38	-	1,56	1,24	1,14	-	1,43	1,29	1,15
39	-	1,42	1,27	1,50	1,26	1,32	1,27	-
40	-	1,52	1,36	1,38	1,32	1,10	1,18	1,21
41	-	1,34	1,06	1,04	1,11	0,98	1,03	1,11
42	-	1,28	1,01	1,45	1,11	1,08	1,43	0,88
43	-	1,52	1,32	1,41	1,49	1,28	1,48	1,60
44	-	1,39	1,24	1,55	1,13	1,17	1,31	1,25
45	-	1,47	1,26	1,39	1,42	1,44	1,35	1,25
46	-	1,37	1,33	1,34	1,11	1,09	1,14	1,01
47*	-	1,63	1,15	1,35*	1,23*	1,32*	1,29*	1,17*

GLEIN-KONTROLLNETZ - Nadeljahrgang 1

Baum	% P								
	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	
1	0,09	0,08	0,09	0,10	0,10	0,09	0,09	0,10	
2	0,17	0,15	0,16	0,17	0,19	0,16	0,17	0,19	
3	0,13	0,16	0,16	0,20	0,15	0,14	0,17	0,18	
4	0,21	0,19	0,16	0,20	0,17	0,20	0,20	-	
5	0,20	0,23	0,19	0,21	0,18	0,16	0,13	0,20	
6	0,16	0,17	0,13	-	-	-	-	-	
7	0,14	0,20	0,21	-	-	-	-	-	
8	0,24	0,23	0,18	0,19	0,18	0,17	0,19	0,20	
9	0,20	0,19	0,20	0,20	0,19	0,18	0,14	0,17	
10	0,19	0,18	0,14	0,20	-	0,15	0,17	0,20	
11	0,20	0,20	0,16	0,20	0,15	0,15	0,14	0,17	
12	0,13	0,20	0,15	0,19	0,18	0,18	0,16	0,19	
13	0,19	0,13	0,13	0,20	0,16	0,16	0,17	0,19	
14	-	0,21	0,20	0,23	0,18	0,19	0,16	0,19	
15	-	0,19	0,16	0,15	0,16	-	-	-	
16	-	0,21	0,19	0,22	0,22	0,26	0,22	0,19	
17	0,13	0,15	0,12	0,13	0,14	0,15	0,15	0,16	
18	0,14	0,16	0,12	0,17	0,15	0,15	0,13	0,15	
19	0,16	0,15	0,12	0,17	0,14	0,13	0,14	0,19	
20	0,16	0,15	0,14	0,16	0,15	0,16	0,17	0,17	
21	0,15	0,14	0,13	0,20	0,15	0,13	0,13	0,20	
22	0,18	0,16	-	0,23	0,14	0,17	0,19	0,22	
23*	0,20	0,17	0,15*	0,18*	0,17*	0,18*	0,14*	0,16*	
24	0,22	0,16	0,14	0,16	-	0,16	0,17	0,15	
25	0,15	0,13	-	0,16	-	0,13	0,10	0,16	
26	0,14	0,13	-	0,20	0,12	0,12	0,12	0,15	
27	0,19	0,19	0,18	0,20	0,17	0,18	0,18	0,18	
28	0,15	0,16	0,15	-	-	-	-	-	
29	0,14	0,18	0,17	0,17	0,16	0,17	0,17	0,18	
30	0,15	0,17	0,15	-	-	-	-	-	
31	0,21	0,24	0,19	0,22	0,19	0,20	0,22	0,20	
32	0,20	0,19	0,18	0,18	0,17	0,19	0,20	0,22	
33	0,17	0,19	0,20	-	-	-	-	-	
34	0,22	0,22	0,20	0,22	0,19	0,21	0,20	0,20	
35	0,19	0,20	0,20	0,22	0,22	0,21	0,22	0,20	
36	-	0,18	0,16	0,17	0,17	0,18	0,13	0,16	
37	-	0,18	0,15	0,22	0,20	0,18	0,20	-	
38	-	0,18	0,14	0,26	-	0,18	0,17	0,19	
39	-	0,21	0,17	0,23	0,19	0,20	0,22	-	
40	-	0,16	0,12	0,13	0,13	0,10	0,11	0,16	
41	-	0,21	0,19	0,17	0,18	0,16	0,18	0,20	
42	-	0,16	0,16	0,17	0,15	0,13	0,25	0,15	
43	-	0,21	0,17	0,21	0,20	0,12	0,21	0,21	
44	-	0,16	0,15	0,21	0,14	0,13	0,16	0,16	
45	-	0,21	0,20	0,22	0,20	0,16	0,21	0,19	
46	-	0,24	0,21	0,22	0,16	0,18	0,17	0,20	
47*	-	0,19	0,18	0,23*	0,15*	0,14*	0,15*	0,18*	

GLEIN-KONTROLLNETZ - Nadeljahrgang I

Baum	% K							
	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992
1	0,26	0,33	0,42	0,52	0,41	0,36	0,27	0,38
2	0,35	0,42	0,37	0,36	0,49	0,43	0,42	0,46
3	0,45	0,37	0,49	0,69	0,60	0,53	0,58	0,64
4	0,38	0,43	0,45	0,39	0,46	0,58	0,61	-
5	0,40	0,48	0,47	0,42	0,57	0,47	0,41	0,49
6	0,48	0,51	0,41	-	-	-	-	-
7	0,48	0,56	0,50	-	-	-	-	-
8	0,48	0,49	0,38	0,39	0,42	0,41	0,32	0,41
9	0,34	0,32	0,32	0,24	0,37	0,34	0,26	0,30
10	0,31	0,31	0,29	0,25	-	0,33	0,26	0,30
11	0,57	0,56	0,48	0,91	0,52	0,66	0,51	0,71
12	0,23	0,42	0,39	0,39	0,32	0,41	0,31	0,42
13	0,34	0,35	0,35	0,49	0,40	0,42	0,36	0,39
14	-	0,90	0,90	0,92	0,82	0,91	0,76	0,98
15	-	0,69	0,25	0,64	0,55	-	-	-
16	-	0,38	0,32	0,34	0,37	0,37	0,35	0,25
17	0,35	0,36	0,31	0,29	0,38	0,39	0,40	0,32
18	0,70	0,66	0,69	0,80	0,67	0,65	0,66	0,56
19	0,42	0,38	0,36	0,40	0,36	0,36	0,32	0,35
20	0,55	0,46	0,49	0,64	0,59	0,56	0,55	0,46
21	0,32	0,35	0,28	0,47	0,40	0,32	0,25	0,33
22	0,44	0,40	-	0,34	0,29	0,28	0,24	0,42
23*	0,22	0,30	0,37*	0,34*	0,38*	0,53*	0,43*	0,43*
24	0,40	0,55	0,41	0,50	-	0,48	0,42	0,42
25	0,51	0,67	-	0,85	-	0,55	0,50	0,60
26	0,51	0,71	-	0,76	0,54	0,56	0,49	0,58
27	0,74	0,67	0,61	0,68	0,70	0,81	0,71	0,67
28	0,37	0,41	0,41	-	-	-	-	-
29	0,36	0,36	0,37	0,32	0,32	0,37	0,32	0,33
30	0,51	0,61	0,56	-	-	-	-	-
31	0,56	0,77	0,47	0,81	0,69	0,55	0,61	0,64
32	0,78	0,65	0,61	0,75	0,60	0,59	0,54	0,91
33	0,79	0,72	0,42	-	-	-	-	-
34	0,34	0,63	0,52	0,68	0,60	0,55	0,54	0,49
35	0,37	0,80	0,67	0,78	0,78	0,73	0,68	0,64
36	-	0,70	0,64	0,68	0,64	0,68	0,52	0,44
37	-	0,29	0,29	0,36	-	0,34	0,35	0,31
38	-	0,66	0,59	0,92	-	0,65	0,70	0,82
39	-	0,30	0,30	0,32	0,25	0,29	0,26	-
40	-	0,49	0,60	0,70	0,58	0,66	0,54	0,68
41	-	0,55	0,52	0,72	0,51	0,60	0,51	0,64
42	-	0,48	0,48	0,70	0,42	0,54	0,22	0,37
43	-	0,36	0,28	0,49	0,48	0,36	0,35	0,37
44	-	0,82	0,31	0,54	0,44	0,46	0,40	0,37
45	-	0,49	0,57	0,76	0,62	0,69	0,68	0,67
46	-	0,66	0,75	0,66	0,55	0,63	0,60	0,57
47*	-	0,82	0,26	0,80*	0,30*	0,26*	0,32*	0,30*

GLEIN-KONTROLLNETZ - Nadeljahrgang I

Baum	% Ca								
	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	
1	0,31	0,29	0,17	0,29	0,29	0,35	0,33	0,25	
2	0,20	0,40	0,14	0,25	0,34	0,28	0,28	0,29	
3	0,29	0,20	0,19	0,35	0,26	0,27	0,31	0,36	
4	0,24	0,16	0,12	0,18	0,19	0,28	0,16	-	
5	0,39	0,41	0,18	0,36	0,48	0,34	0,37	0,37	
6	0,30	0,36	0,15	-	-	-	-	-	
7	0,30	0,22	0,17	-	-	-	-	-	
8	0,60	0,36	0,27	0,44	0,41	0,43	0,22	0,46	
9	0,34	0,21	0,16	0,26	0,25	0,35	0,27	0,47	
10	0,38	0,32	0,19	0,31	-	0,30	0,33	0,37	
11	0,52	0,52	0,36	0,58	0,39	0,41	0,48	0,58	
12	0,39	0,20	0,17	0,27	0,29	0,22	0,22	0,26	
13	0,35	0,27	0,22	0,31	0,32	0,34	0,42	0,37	
14	-	0,44	0,43	0,42	0,40	0,42	0,43	0,53	
15	-	0,31	0,11	0,39	0,29	-	-	-	
16	-	0,28	0,33	0,39	0,39	0,43	0,42	0,44	
17	0,25	0,34	0,20	0,31	0,21	0,34	0,19	0,34	
18	0,42	0,36	0,35	0,44	0,35	0,36	0,37	0,47	
19	0,32	0,32	0,18	0,29	0,25	0,22	0,22	0,23	
20	0,45	0,41	0,34	0,45	0,28	0,42	0,35	0,47	
21	0,50	0,29	0,37	0,59	0,37	0,56	0,36	0,60	
22	0,41	0,22	-	0,37	0,40	0,41	0,35	0,44	
23*	0,33	0,17	0,26*	0,39*	0,36*	0,34*	0,34*	0,45*	
24	0,47	0,24	0,26	0,33	-	0,42	0,35	0,57	
25	0,39	0,24	-	0,46	-	0,31	0,42	0,51	
26	0,46	0,37	-	0,46	0,43	0,53	0,34	0,64	
27	0,39	0,36	0,32	0,33	0,30	0,37	0,31	0,44	
28	0,46	0,37	0,40	-	-	-	-	-	
29	0,56	0,48	0,24	0,34	0,48	0,63	0,43	0,50	
30	0,33	0,27	0,24	-	-	-	-	-	
31	0,45	0,35	0,23	0,41	0,29	0,41	0,53	0,47	
32	0,52	0,27	0,21	0,27	0,31	0,33	0,45	0,33	
33	0,35	0,48	0,29	-	-	-	-	-	
34	0,30	0,30	0,21	0,33	0,29	0,34	0,34	0,34	
35	0,20	0,27	0,25	0,39	0,33	0,35	0,41	0,32	
36	-	0,27	0,17	0,33	0,39	0,33	0,55	0,56	
37	-	0,32	0,23	0,54	0,41	0,40	0,48	-	
38	-	0,35	0,24	0,25	-	0,36	0,38	0,41	
39	-	0,21	0,16	0,28	0,16	0,20	0,20	-	
40	-	0,28	0,19	0,41	0,30	0,20	0,24	0,36	
41	-	0,38	0,27	0,51	0,27	0,25	0,31	0,40	
42	-	0,52	0,34	0,39	0,50	0,47	0,46	0,64	
43	-	0,32	0,25	0,37	0,29	0,33	0,38	0,39	
44	-	0,21	0,17	0,29	0,19	0,33	0,32	0,41	
45	-	0,20	0,18	0,33	0,26	0,24	0,23	0,37	
46	-	0,40	0,27	0,42	0,25	0,35	0,23	0,37	
47*	-	0,25	0,12	0,50*	0,26*	0,56*	0,24*	0,21*	

GLEIN-KONTROLLNETZ - Nadeljahrgang 1

Baum	% Mg							
	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992
1	0,16	0,16	0,14	0,17	0,14	0,17	0,16	0,14
2	0,08	0,08	0,07	0,09	0,09	0,08	0,08	0,09
3	0,08	0,08	0,09	0,10	0,08	0,10	0,10	0,09
4	0,11	0,10	0,09	0,10	0,09	0,10	0,09	-
5	0,11	0,13	0,09	0,11	0,11	0,11	0,10	0,11
6	0,13	0,15	0,09	-	-	-	-	-
7	0,06	0,10	0,13	-	-	-	-	-
8	0,25	0,18	0,16	0,18	0,14	0,17	0,12	0,13
9	0,12	0,11	0,10	0,11	0,10	0,11	0,10	0,11
10	0,14	0,13	0,11	0,14	-	0,10	0,14	0,15
11	0,20	0,20	0,18	0,17	0,14	0,15	0,17	0,19
12	0,08	0,11	0,09	0,12	0,10	0,10	0,10	0,11
13	0,11	0,08	0,09	0,10	0,08	0,07	0,08	0,09
14	-	0,10	0,11	0,12	0,10	0,10	0,08	0,11
15	-	0,12	0,07	0,12	0,10	-	-	-
16	-	0,14	0,13	0,15	0,12	0,13	0,14	0,13
17	0,15	0,22	0,16	0,17	0,15	0,23	0,16	0,19
18	0,09	0,11	0,11	0,13	0,11	0,12	0,11	0,10
19	0,10	0,11	0,08	0,11	0,09	0,07	0,09	0,09
20	0,11	0,12	0,11	0,13	0,09	0,13	0,11	0,13
21	0,17	0,14	0,17	0,19	0,15	0,20	0,15	0,19
22	0,12	0,09	-	0,13	0,11	0,13	0,12	0,13
23*	0,12	0,10	0,10*	0,11*	0,09*	0,10*	0,08*	0,10*
24	0,14	0,09	0,15	0,11	-	0,14	0,13	0,23
25	0,14	0,12	-	0,17	-	0,14	0,11	0,18
26	0,13	0,11	-	0,13	0,11	0,10	0,10	0,11
27	0,16	0,17	0,19	0,22	0,17	0,19	0,18	0,17
28	0,11	0,12	0,13	-	-	-	-	-
29	0,11	0,14	0,11	0,13	0,12	0,15	0,11	0,13
30	0,12	0,13	0,09	-	-	-	-	-
31	0,15	0,15	0,12	0,14	0,12	0,13	0,18	0,13
32	0,28	0,19	0,16	0,15	0,19	0,19	0,24	0,19
33	0,08	0,10	0,17	-	-	-	-	-
34	0,09	0,13	0,11	0,10	0,10	0,10	0,12	0,09
35	0,11	0,14	0,14	0,17	0,13	0,14	0,15	0,13
36	-	0,14	0,10	0,18	0,15	0,10	0,13	0,14
37	-	0,11	0,10	0,18	-	0,09	0,12	0,13
38	-	0,15	0,13	0,09	-	0,15	0,13	0,16
39	-	0,09	0,10	0,11	0,07	0,07	0,08	-
40	-	0,15	0,14	0,17	0,12	0,10	0,13	0,17
41	-	0,11	0,12	0,15	0,09	0,08	0,09	0,10
42	-	0,15	0,14	0,11	0,13	0,11	0,14	0,16
43	-	0,13	0,15	0,12	0,11	0,11	0,14	0,12
44	-	0,11	0,14	0,12	0,10	0,16	0,15	0,16
45	-	0,12	0,14	0,13	0,11	0,11	0,12	0,11
46	-	0,21	0,19	0,19	0,13	0,18	0,16	0,17
47*	-	0,10	0,11	0,12*	0,10*	0,15*	0,09*	0,11*

GLEIN-KONTROLLNETZ - Nadeljahrgang 2

Baum	% S								
	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	
1		0,08	0,08	0,09	0,10	0,08	0,10	0,09	
2		0,11	0,09	0,12	0,12	0,11	0,11	0,10	
3		0,09	0,08	0,09	0,09	0,08	0,10	0,08	
4		0,10	0,10	0,10	0,11	0,09	0,09	-	
5		0,10	0,09	0,13	0,11	0,11	0,11	0,11	
6		0,07	0,07	-	-	-	-	-	
7		0,07	0,07	-	-	-	-	-	
8		0,10	0,11	0,11	0,12	0,11	0,12	0,09	
9		0,07	0,07	0,09	0,09	0,08	0,08	0,08	
10		0,09	0,09	0,11	-	0,10	0,09	0,11	
11		0,09	0,10	0,13	0,12	0,10	0,11	0,11	
12		0,09	0,08	0,10	0,10	0,09	0,10	0,09	
13		0,06	0,08	0,12	0,09	0,07	0,08	0,08	
14		0,10	0,10	0,12	0,12	0,10	0,10	0,11	
15		0,10	0,10	0,12	0,11	-	-	-	
16		0,10	0,09	0,11	0,11	0,09	0,10	0,09	
17		0,08	0,08	0,10	0,10	0,09	0,11	0,09	
18		0,12	0,12	0,13	0,12	0,11	0,12	0,11	
19		0,09	0,07	0,11	0,11	0,08	0,10	0,09	
20		0,14	0,11	0,14	0,13	0,12	0,14	0,13	
21		0,08	0,09	0,10	0,11	0,08	0,10	0,09	
22		0,10	-	0,13	0,13	0,09	0,11	0,12	
23*		0,10	0,07*	0,10*	0,09*	0,09*	0,10*	0,10*	
24		0,08	0,10	0,10	-	0,09	0,11	0,08	
25		0,08	-	0,12	-	0,09	0,08	0,08	
26		0,08	-	0,11	0,11	0,08	0,09	0,10	
27		0,11	0,13	0,14	0,13	0,11	0,12	0,11	
28		0,10	0,11	-	-	-	-	-	
29		0,11	0,11	0,10	0,12	0,11	0,11	0,12	
30		0,10	0,11	-	-	-	-	-	
31		0,12	0,12	0,11	0,11	0,11	0,12	0,15	
32		0,12	0,13	0,14	0,14	0,13	0,12	0,11	
33		0,08	0,11	-	-	-	-	-	
34		0,09	0,12	0,11	0,13	0,10	0,12	0,11	
35		0,08	0,08	0,10	0,09	0,08	0,09	0,10	
36		0,11	0,09	0,12	0,12	0,10	0,11	0,10	
37		0,10	0,10	0,10	-	0,11	0,11	0,10	
38		0,13	0,11	0,15	-	0,13	0,12	0,14	
39		0,08	0,08	0,08	0,08	0,07	0,09	-	
40		0,09	0,09	0,10	0,10	0,09	0,10	0,11	
41		0,10	0,11	0,10	0,10	0,10	0,12	0,10	
42		0,11	0,12	0,10	0,11	0,09	0,09	0,11	
43		0,09	0,11	0,08	0,09	0,08	0,10	0,10	
44		0,13	0,15	0,18	0,14	0,12	0,12	0,15	
45		0,10	0,13	0,13	0,12	0,12	0,13	0,14	
46		0,10	0,12	0,10	0,11	0,09	0,11	0,10	
47*		0,10	0,11	0,11*	0,11*	0,09*	0,10*	0,11*	

GLEIN-KONTROLLNETZ - Nadeljahrgang 2

Baum	% N							
	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992
1	1,24	1,12	0,98	1,15	1,16	1,11	1,25	1,14
2	1,15	1,25	1,11	1,38	1,31	1,22	1,35	1,36
3	1,12	1,07	0,99	1,03	1,12	1,05	1,12	1,09
4	1,36	1,23	1,09	1,08	1,29	1,18	1,14	-
5	1,35	1,28	1,10	1,32	1,32	1,41	1,32	1,27
6	1,35	1,22	0,97	-	-	-	-	-
7	1,02	1,03	1,01	-	-	-	-	-
8	1,45	1,33	1,20	1,26	1,28	1,30	1,22	1,20
9	1,31	1,12	1,10	1,41	1,14	1,19	1,25	1,24
10	1,15	1,13	0,93	1,08	-	1,16	1,04	1,06
11	1,33	1,19	1,14	1,15	1,13	0,98	1,11	1,19
12	1,16	1,01	0,86	0,94	0,92	0,88	0,91	0,93
13	1,13	0,98	1,08	1,33	1,24	1,21	1,21	1,22
14	-	1,31	1,24	1,41	1,33	1,36	1,26	1,37
15	-	1,24	1,23	1,20	1,07	-	-	-
16	-	1,20	1,03	1,16	1,28	1,21	1,28	1,17
17	1,05	0,98	0,87	0,96	0,97	1,01	0,97	0,98
18	1,25	1,18	1,09	1,21	1,21	1,16	1,24	1,16
19	1,33	1,22	0,99	1,19	1,30	1,12	1,14	1,13
20	1,18	1,20	1,15	1,29	1,25	1,29	1,31	1,24
21	1,20	1,03	1,02	1,24	1,18	1,15	1,06	1,08
22	1,18	1,05	-	1,17	1,19	1,06	1,04	1,12
23*	1,18	1,10	0,91*	1,18*	1,18*	1,14*	1,12*	1,14*
24	1,55	1,20	1,23	1,26	-	1,20	1,30	1,08
25	1,05	1,01	-	1,06	-	0,96	1,03	1,04
26	1,21	1,05	-	1,23	1,12	1,00	0,97	0,95
27	1,33	1,28	1,21	1,43	1,33	1,30	1,30	1,02
28	1,12	1,19	1,12	-	-	-	-	-
29	1,21	1,11	0,98	1,04	1,08	1,19	1,07	1,11
30	1,17	1,14	0,99	-	-	-	-	-
31	1,09	1,13	0,97	1,08	1,02	1,12	1,08	1,29
32	1,21	1,18	0,97	1,24	1,11	1,19	1,14	1,09
33	1,06	1,14	1,34	-	-	-	-	-
34	1,20	1,04	1,10	1,12	1,11	1,20	1,29	1,04
35	1,23	1,17	1,08	1,18	1,17	1,15	1,06	1,09
36	-	1,27	1,06	1,26	1,32	1,18	1,29	1,13
37	-	1,04	0,98	1,18	-	1,08	1,11	1,10
38	-	1,24	1,16	1,34	-	1,28	1,12	1,36
39	-	1,33	1,27	1,34	1,13	1,15	1,13	-
40	-	1,41	1,28	1,32	1,26	1,03	1,04	1,11
41	-	1,03	1,14	1,08	1,04	1,00	1,09	1,01
42	-	1,00	1,05	0,94	1,03	0,96	1,14	0,90
43	-	1,25	1,12	1,21	1,20	1,15	1,31	1,33
44	-	1,21	1,02	1,38	1,06	1,02	1,08	1,07
45	-	1,24	1,24	1,37	1,23	1,23	1,23	1,22
46	-	1,33	1,22	1,33	1,11	1,04	1,05	1,00
47*	-	1,26	1,07	1,06*	1,11*	1,16*	1,09*	1,09*

GLEIN-KONTROLLNETZ - Nadeljahrgang 2

Baum	% P							
	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992
1	0,13	0,15	0,10	0,15	0,15	0,13	0,15	0,11
2	0,14	0,16	0,11	0,16	0,14	0,15	0,15	0,16
3	0,12	0,14	0,12	0,16	0,17	0,12	0,14	0,15
4	0,15	0,13	0,09	0,11	0,13	0,17	0,11	-
5	0,18	0,18	0,13	0,17	0,13	0,14	0,13	0,16
6	0,12	0,12	0,09	-	-	-	-	-
7	0,12	0,18	0,14	-	-	-	-	-
8	0,19	0,17	0,14	0,15	0,14	0,13	0,16	0,16
9	0,13	0,11	0,11	0,15	0,12	0,11	0,11	0,16
10	0,12	0,12	0,08	0,11	-	0,11	0,10	0,16
11	0,16	0,14	0,11	0,16	0,13	0,11	0,12	0,16
12	0,18	0,17	0,10	0,13	0,12	0,12	0,12	0,15
13	0,13	0,09	0,09	0,18	0,14	0,14	0,12	0,16
14	-	0,18	0,15	0,19	0,18	0,18	0,14	0,18
15	-	0,14	0,12	0,14	0,13	-	-	-
16	-	0,18	0,15	0,18	0,19	0,16	0,20	0,17
17	0,10	0,10	0,07	0,10	0,09	0,10	0,11	0,15
18	0,10	0,10	0,09	0,13	0,12	0,11	0,11	0,15
19	0,11	0,10	0,08	0,12	0,10	0,10	0,10	0,14
20	0,13	0,13	0,11	0,14	0,13	0,14	0,15	0,15
21	0,11	0,10	0,09	0,13	0,12	0,10	0,12	0,17
22	0,12	0,16	-	0,15	0,12	0,12	0,14	0,17
23*	0,14	0,16	0,11*	0,18*	0,18*	0,15*	0,15*	0,17*
24	0,16	0,11	0,10	0,14	-	0,13	0,15	0,15
25	0,09	0,08	-	0,12	-	0,09	0,08	0,14
26	0,11	0,12	-	0,16	0,10	0,10	0,09	0,15
27	0,14	0,13	0,11	0,15	0,13	0,12	0,14	0,18
28	0,09	0,12	0,08	-	-	-	-	-
29	0,12	0,15	0,12	0,11	0,14	0,15	0,15	0,16
30	0,11	0,13	0,11	-	-	-	-	-
31	0,13	0,19	0,14	0,18	0,17	0,14	0,14	0,18
32	0,17	0,14	0,10	0,18	0,14	0,14	0,15	0,19
33	0,12	0,19	0,18	-	-	-	-	-
34	0,20	0,17	0,17	0,18	0,17	0,16	0,19	0,18
35	0,15	0,17	0,14	0,21	0,19	0,18	0,18	0,18
36	-	0,15	0,11	0,15	0,13	0,13	0,16	0,13
37	-	0,16	0,11	0,15	-	0,16	0,17	0,15
38	-	0,13	0,10	0,16	-	0,14	0,12	0,18
39	-	0,15	0,14	0,20	0,13	0,16	0,16	-
40	-	0,12	0,12	0,11	0,11	0,10	0,11	0,16
41	-	0,17	0,18	0,20	0,14	0,16	0,17	0,16
42	-	0,11	0,11	0,12	0,11	0,10	0,17	0,14
43	-	0,13	0,12	0,14	0,12	0,10	0,14	0,17
44	-	0,11	0,09	0,17	0,10	0,11	0,11	0,14
45	-	0,15	0,18	0,22	0,17	0,17	0,19	0,21
46	-	0,23	0,16	0,21	0,13	0,15	0,15	0,18
47*	-	0,10	0,11	0,12*	0,11*	0,20*	0,14*	0,16*

GLEIN-KONTROLLNETZ - Nadeljahrgang 2

Baum	%K							
	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992
1	0,33	0,27	0,21	0,30	0,26	0,25	0,24	0,30
2	0,20	0,57	0,23	0,32	0,37	0,37	0,39	0,45
3	0,48	0,46	0,37	0,45	0,43	0,39	0,41	0,48
4	0,19	0,29	0,22	0,21	0,28	0,55	0,34	-
5	0,19	0,49	0,40	0,43	0,41	0,43	0,40	0,50
6	0,47	0,40	0,26	-	-	-	-	-
7	0,35	0,59	0,44	-	-	-	-	-
8	0,49	0,42	0,39	0,39	0,34	0,36	0,31	0,36
9	0,43	0,16	0,23	0,23	0,24	0,25	0,26	0,28
10	0,26	0,27	0,23	0,18	-	0,30	0,19	0,19
11	0,52	0,54	0,42	0,60	0,39	0,45	0,41	0,52
12	0,37	0,21	0,30	0,25	0,19	0,23	0,22	0,26
13	0,29	0,29	0,31	0,38	0,37	0,39	0,37	0,32
14	-	0,93	0,88	1,00	0,91	0,94	0,71	0,99
15	-	0,53	0,50	0,56	0,50	-	-	-
16	-	0,21	0,23	0,29	0,36	0,32	0,32	0,20
17	0,30	0,25	0,19	0,25	0,23	0,27	0,25	0,25
18	0,51	0,55	0,58	0,58	0,51	0,43	0,52	0,57
19	0,35	0,27	0,26	0,32	0,23	0,23	0,21	0,20
20	0,46	0,45	0,33	0,62	0,43	0,51	0,38	0,42
21	0,26	0,27	0,23	0,28	0,24	0,27	0,22	0,25
22	0,27	0,22	-	0,27	0,27	0,18	0,19	0,25
23*	0,24	0,23	0,24*	0,30*	0,25*	0,37*	0,34*	0,38*
24	0,44	0,36	0,36	0,42	-	0,38	0,42	0,34
25	0,45	0,52	-	0,52	-	0,45	0,46	0,50
26	0,45	0,40	-	0,50	0,40	0,41	0,33	0,45
27	0,65	0,53	0,54	0,53	0,43	0,63	0,53	0,46
28	0,26	0,30	0,24	-	-	-	-	-
29	0,33	0,35	0,31	0,21	0,27	0,33	0,30	0,31
30	0,47	0,53	0,42	-	-	-	-	-
31	0,55	0,63	0,42	0,56	0,61	0,55	0,54	0,58
32	0,52	0,53	0,45	0,53	0,41	0,51	0,45	0,52
33	0,51	0,66	0,46	-	-	-	-	-
34	0,61	0,45	0,46	0,46	0,55	0,55	0,47	0,40
35	0,72	0,76	0,49	0,66	0,60	0,61	0,59	0,57
36	-	0,64	0,48	0,64	0,52	0,63	0,60	0,41
37	-	0,31	0,18	0,25	-	0,28	0,32	0,23
38	-	0,55	0,47	0,49	-	0,49	0,51	0,62
39	-	0,19	0,21	0,24	0,15	0,19	0,18	-
40	-	0,44	0,47	0,60	0,39	0,53	0,49	0,58
41	-	0,48	0,45	0,76	0,40	0,45	0,51	0,54
42	-	0,37	0,29	0,40	0,30	0,34	0,15	0,30
43	-	0,30	0,28	0,43	0,31	0,30	0,29	0,29
44	-	0,56	0,22	0,41	0,27	0,38	0,29	0,28
45	-	0,42	0,55	0,65	0,46	0,60	0,56	0,56
46	-	0,47	0,56	1,13	0,38	0,46	0,43	0,39
47*	-	0,61	0,17	0,26*	0,20*	0,37*	0,28*	0,21*

GLEIN-KONTROLLNETZ - Nadeljahrgang 2

Baum	% Ca								
	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	
1	0,44	0,46	0,39	0,35	0,45	0,47	0,47	0,38	
2	0,35	0,25	0,34	0,33	0,59	0,62	0,44	0,56	
3	0,37	0,43	0,35	0,42	0,64	0,56	0,60	0,50	
4	0,38	0,31	0,25	0,31	0,39	0,36	0,39	-	
5	0,39	0,50	0,41	0,41	0,54	0,64	0,49	0,47	
6	0,36	0,41	0,32	-	-	-	-	-	
7	0,40	0,29	0,32	-	-	-	-	-	
8	0,52	0,55	0,44	0,52	0,78	0,63	0,42	0,55	
9	0,57	0,50	0,32	0,45	0,62	0,71	0,57	0,69	
10	0,49	0,51	0,36	0,40	-	0,45	0,60	0,66	
11	0,64	0,72	0,60	0,64	0,69	0,70	0,67	0,76	
12	0,23	0,44	0,28	0,30	0,51	0,46	0,40	0,45	
13	0,60	0,52	0,53	0,61	0,73	0,68	0,68	0,67	
14	-	0,58	0,41	0,50	0,51	0,62	0,67	0,56	
15	-	0,39	0,37	0,43	0,48	-	-	-	
16	-	0,50	0,58	0,61	0,73	0,67	0,71	0,75	
17	0,23	0,42	0,31	0,36	0,37	0,51	0,37	0,45	
18	0,46	0,58	0,48	0,53	0,65	0,40	0,59	0,56	
19	0,52	0,52	0,47	0,42	0,59	0,42	0,45	0,53	
20	0,63	0,61	0,72	0,64	0,70	0,75	0,82	0,66	
21	0,60	0,59	0,55	0,71	0,74	0,77	0,57	0,85	
22	0,51	0,53	-	0,56	0,72	0,77	0,78	0,79	
23*	0,39	0,44	0,50*	0,51*	0,74*	0,65*	0,68*	0,65*	
24	0,50	0,57	0,48	0,59	-	0,64	0,64	0,69	
25	0,49	0,44	-	0,64	-	0,57	0,54	0,70	
26	0,63	0,64	-	0,73	1,08	0,87	0,76	0,78	
27	0,46	0,62	0,44	0,45	0,75	0,48	0,47	0,76	
28	0,77	0,75	0,75	-	-	-	-	-	
29	0,71	0,71	0,49	0,58	0,86	1,05	0,75	0,85	
30	0,41	0,47	0,41	-	-	-	-	-	
31	0,48	0,54	0,40	0,47	0,60	0,47	0,59	0,60	
32	0,53	0,43	0,26	0,35	0,58	0,39	0,46	0,44	
33	0,48	0,31	0,45	-	-	-	-	-	
34	0,41	0,42	0,43	0,39	0,56	0,51	0,54	0,47	
35	0,19	0,32	0,43	0,44	0,56	0,55	0,54	0,55	
36	-	0,33	0,25	0,25	0,52	0,39	0,37	0,69	
37	-	0,46	0,42	0,65	-	0,57	0,68	0,56	
38	-	0,64	0,38	0,57	-	0,74	0,80	0,60	
39	-	0,45	0,45	0,44	0,30	0,36	0,41	-	
40	-	0,28	0,31	0,34	0,50	0,29	0,25	0,36	
41	-	0,57	0,52	0,49	0,62	0,51	0,47	0,46	
42	-	0,80	0,68	0,66	0,95	0,81	0,75	0,88	
43	-	0,53	0,55	0,48	0,76	0,49	0,75	0,78	
44	-	0,44	0,36	0,36	0,35	0,38	0,58	0,65	
45	-	0,29	0,27	0,39	0,48	0,34	0,37	0,43	
46	-	0,51	0,46	0,70	0,62	0,66	0,53	0,55	
47*	-	0,39	0,29	0,39*	0,49*	0,31*	0,41*	0,41*	

GLEIN-KONTROLLNETZ - Nadeljahrgang 2

Baum	% Mg							
	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992
1	0,15	0,16	0,17	0,15	0,15	0,17	0,16	0,11
2	0,06	0,09	0,09	0,07	0,09	0,11	0,06	0,07
3	0,07	0,08	0,10	0,09	0,10	0,09	0,08	0,08
4	0,12	0,09	0,12	0,09	0,11	0,07	0,09	-
5	0,12	0,10	0,10	0,09	0,10	0,11	0,08	0,09
6	0,11	0,12	0,11	-	-	-	-	-
7	0,06	0,07	0,10	-	-	-	-	-
8	0,19	0,17	0,16	0,17	0,19	0,16	0,15	0,12
9	0,11	0,11	0,08	0,12	0,11	0,14	0,08	0,11
10	0,13	0,12	0,14	0,13	-	0,10	0,13	0,17
11	0,20	0,19	0,20	0,18	0,16	0,15	0,15	0,16
12	0,09	0,11	0,08	0,10	0,12	0,12	0,10	0,11
13	0,08	0,06	0,07	0,12	0,08	0,06	0,05	0,05
14	-	0,07	0,06	0,08	0,09	0,07	0,07	0,07
15	-	0,11	0,11	0,10	0,08	-	-	-
16	-	0,12	0,16	0,13	0,13	0,12	0,14	0,15
17	0,13	0,20	0,17	0,18	0,18	0,25	0,18	0,20
18	0,07	0,08	0,09	0,10	0,09	0,10	0,08	0,08
19	0,10	0,09	0,11	0,08	0,10	0,08	0,08	0,10
20	0,11	0,10	0,14	0,12	0,13	0,13	0,13	0,13
21	0,19	0,16	0,19	0,21	0,22	0,21	0,16	0,23
22	0,11	0,09	-	0,13	0,11	0,14	0,13	0,14
23*	0,12	0,11	0,08*	0,10*	0,10*	0,07*	0,07*	0,07*
24	0,14	0,10	0,14	0,15	-	0,13	0,13	0,22
25	0,12	0,11	-	0,16	-	0,12	0,10	0,18
26	0,12	0,10	-	0,14	0,13	0,08	0,10	0,11
27	0,14	0,16	0,17	0,20	0,19	0,17	0,17	0,15
28	0,12	0,12	0,14	-	-	-	-	-
29	0,12	0,15	0,14	0,15	0,17	0,20	0,13	0,16
30	0,11	0,14	0,10	-	-	-	-	-
31	0,12	0,12	0,12	0,11	0,14	0,10	0,12	0,19
32	0,24	0,19	0,15	0,18	0,23	0,17	0,20	0,20
33	0,07	0,09	0,15	-	-	-	-	-
34	0,09	0,12	0,13	0,10	0,12	0,12	0,12	0,09
35	0,07	0,11	0,16	0,17	0,15	0,08	0,12	0,15
36	-	0,11	0,10	0,10	0,16	0,12	0,14	0,15
37	-	0,10	0,11	0,15	-	0,07	0,12	0,12
38	-	0,14	0,10	0,17	-	0,13	0,13	0,16
39	-	0,09	0,08	0,09	0,08	0,07	0,08	-
40	-	0,12	0,14	0,13	0,13	0,11	0,09	0,15
41	-	0,10	0,11	0,11	0,10	0,09	0,08	0,09
42	-	0,13	0,11	0,12	0,16	0,14	0,15	0,16
43	-	0,10	0,13	0,06	0,12	0,10	0,13	0,14
44	-	0,10	0,14	0,15	0,12	0,13	0,16	0,21
45	-	0,09	0,10	0,10	0,11	0,11	0,11	0,11
46	-	0,21	0,18	0,20	0,19	0,22	0,18	0,19
47*	-	0,12	0,11	0,13*	0,13*	0,14*	0,10*	0,14*

GLEIN - FV HATSCHKE
"Düngungsfläche 1989"

Nadeljahrgang 1		Baum	1988	1989	1990	1991	1992	
Düngung 1989	Stickstoff (% N)	49	1,15	1,27	1,40	1,38	1,27	
		50	1,24	1,46	1,46	1,49	1,37	
		51	1,32	1,53	1,34	1,42	1,52	
	Phosphor (% P)	49	0,19	0,20	0,22	0,25	0,21	
		50	0,19	0,22	0,21	0,21	0,19	
		51	0,20	0,22	0,21	0,24	0,21	
	Kalium (% K)	49	0,33	0,60	0,93	0,99	0,98	
		50	0,42	0,81	0,90	0,71	0,68	
		51	0,61	0,75	1,05	0,86	0,90	
	Calcium (% Ca)	49	0,33	0,43	0,45	0,35	0,69	
		50	0,36	0,39	0,29	0,28	0,28	
		51	0,39	0,38	0,29	0,34	0,35	
	Magnesium (% Mg)	49	0,09	0,09	0,11	0,10	0,11	
		50	0,11	0,09	0,09	0,09	0,13	
		51	0,15	0,12	0,11	0,11	0,15	
	Schwefel (% S)	49	0,11	0,11	0,09	0,12	0,10	
		50	0,10	0,12	0,09	0,11	0,11	
		51	0,11	0,12	0,10	0,11	0,12	
	Kontrolle	Stickstoff (% N)	52	1,41	1,35	1,27	1,41	1,37
			53	1,13	1,09	1,21	1,23	1,19
			54	1,31	1,33	1,33	1,01	1,36
		Phosphor (% P)	52	0,18	0,18	0,17	0,16	0,19
			53	0,19	0,21	0,17	0,19	0,20
			54	0,24	0,24	0,25	0,19	0,25
Kalium (% K)		52	0,24	0,27	0,29	0,25	0,24	
		53	0,39	0,36	0,34	0,41	0,30	
		54	0,32	0,35	0,35	0,53	0,41	
Calcium (% Ca)		52	0,26	0,31	0,23	0,24	0,23	
		53	0,24	0,29	0,19	0,26	0,39	
		54	0,32	0,36	0,63	0,31	0,53	
Magnesium (% Mg)		52	0,10	0,09	0,07	0,08	0,09	
		53	0,08	0,07	0,05	0,08	0,08	
		54	0,12	0,12	0,12	0,10	0,15	
Schwefel (% S)		52	0,12	0,11	0,09	0,10	0,10	
		53	0,10	0,11	0,09	0,10	0,10	
		54	0,11	0,11	0,10	0,10	0,09	

GLEIN - FV HATSCHEK
"Düngungsfläche 1989"

Nadeljahrgang 2		Baum	1988	1989	1990	1991	1992	
Düngung 1989	Stickstoff (% N)	49	1,04	1,18	1,37	1,32	1,33	
		50	1,21	1,49	1,49	1,57	1,42	
		51	1,29	1,53	1,37	1,38	1,44	
	Phosphor (% P)	49	0,16	0,19	0,19	0,25	0,23	
		50	0,16	0,20	0,16	0,19	0,17	
		51	0,20	0,21	0,16	0,20	0,22	
	Kalium (% K)	49	0,25	0,48	0,81	0,88	0,71	
		50	0,32	0,77	0,70	0,62	0,65	
		51	0,51	0,66	0,68	0,68	0,74	
	Calcium (% Ca)	49	0,53	0,77	0,77	0,68	0,39	
		50	0,33	0,56	0,47	0,40	0,39	
		51	0,37	0,47	0,55	0,45	0,51	
	Magnesium (% Mg)	49	0,09	0,09	0,08	0,09	0,10	
		50	0,07	0,08	0,04	0,07	0,10	
		51	0,11	0,12	0,12	0,10	0,12	
	Schwefel (% S)	49	0,11	0,13	0,12	0,12	0,11	
		50	0,10	0,14	0,12	0,12	0,12	
		51	0,12	0,13	0,11	0,12	0,12	
	Kontrolle	Stickstoff (% N)	52	1,13	1,25	1,26	1,18	1,19
			53	1,11	1,21	1,17	1,28	1,21
			54	1,14	1,10	1,33	1,37	1,35
		Phosphor (% P)	52	0,12	0,14	0,13	0,12	0,16
			53	0,20	0,23	0,21	0,23	0,21
			54	0,24	0,22	0,25	0,28	0,25
Kalium (% K)		52	0,17	0,17	0,14	0,21	0,18	
		53	0,24	0,28	0,29	0,34	0,30	
		54	0,28	0,25	0,35	0,40	0,37	
Calcium (% Ca)		52	0,35	0,50	0,51	0,41	0,43	
		53	0,35	0,52	0,44	0,38	0,49	
		54	0,60	0,69	0,63	0,67	0,73	
Magnesium (% Mg)		52	0,09	0,11	0,06	0,07	0,10	
		53	0,07	0,09	0,07	0,08	0,08	
		54	0,13	0,14	0,12	0,15	0,14	
Schwefel (% S)		52	0,11	0,12	0,09	0,09	0,10	
		53	0,11	0,10	0,10	0,11	0,10	
		54	0,11	0,10	0,09	0,11	0,10	

FV LIECHTENSTEIN-WALDSTEIN
"Düngungsflächen 1987" - Nadeljahrgang 1

	Baum	Jahr	% N	% P	% K	% Ca	% Mg
Fläche 10	1	86	1,21	0,17	0,24	0,13	0,08
		87*	1,26	0,14	0,21	0,23	0,09
		88	-	-	-	-	-
		89	1,30	0,18	0,27	0,24	0,08
		90	1,30	0,18	0,33	0,30	0,09
		91	1,29	0,17	0,30	0,24	0,09
		92	1,50	0,20	0,41	0,43	0,13
	1V	86	1,23	0,13	0,22	0,22	0,08
		87*	1,05	0,17	0,23	0,14	0,06
		88	-	-	-	-	-
		89	1,26	0,15	0,23	0,31	0,09
		90	1,37	0,16	0,28	0,48	0,12
		91	1,12	0,14	0,35	0,32	0,09
		92	1,28	0,17	0,38	0,44	0,10
	2	86	1,32	0,14	0,44	0,16	0,09
		87	1,18	0,12	0,40	0,15	0,09
		88	-	-	-	-	-
		89	1,23	0,14	0,43	0,29	0,09
		90	1,30	0,14	0,42	0,25	0,08
		91	1,32	0,13	0,44	0,25	0,10
		92	1,49	0,18	0,56	0,33	0,11
	2V	86	1,27	0,13	0,21	0,16	0,07
		87	1,79	0,37	0,46	0,13	0,08
		88	-	-	-	-	-
		89	1,18	0,15	0,29	0,38	0,11
		90	1,37	0,15	0,31	0,37	0,10
		91	1,27	0,13	0,41	0,24	0,08
		92	1,44	0,15	0,46	0,21	0,07
3	86	1,17	0,12	0,36	0,37	0,09	
	87*	1,23	0,13	0,37	0,37	0,09	
	88	-	-	-	-	-	
	89	1,55	0,16	0,79	0,41	0,09	
	90	1,52	0,15	0,69	0,33	0,08	
	91	1,29	0,15	0,59	0,31	0,08	
	92	1,36	0,18	0,54	0,26	0,08	
3V	86	1,03	0,10	0,19	0,23	0,09	
	87*	1,01	0,11	0,29	0,21	0,08	
	88	-	-	-	-	-	
	89	1,35	0,15	0,64	0,33	0,10	
	90	1,29	0,14	0,65	0,35	0,10	
	91	1,32	0,14	0,69	0,30	0,10	
	92	1,44	0,18	0,80	0,25	0,11	
4	86	1,25	0,12	0,36	0,30	0,08	
	87	1,29	0,13	0,36	0,38	0,09	
	88	-	-	-	-	-	
	89	1,34	0,18	0,39	0,32	0,08	
	90	1,28	0,13	0,34	0,29	0,08	
	91	1,41	0,15	0,50	0,32	0,08	
	92	1,44	0,17	0,40	0,24	0,07	
4V	86	1,13	0,13	0,21	0,31	0,09	
	87	1,23	0,15	0,22	0,37	0,10	
	88	-	-	-	-	-	
	89	1,30	0,17	0,29	0,30	0,10	

FV LIECHTENSTEIN-WALDSTEIN
"Düngungsflächen 1987" - Nadeljahrgang I

	Baum	Jahr	% N	% P	% K	% Ca	% Mg
Fläche 11	5	86	1,33	0,16	0,22	0,31	0,11
		87**	1,40	0,21	0,29	0,42	0,14
		88	1,36	0,22	0,33	0,53	0,15
		89	1,20	0,18	0,33	0,41	0,10
		90	1,43	0,20	0,28	0,47	0,12
		91	1,22	0,18	0,22	0,40	0,11
		92	1,08	0,19	0,18	0,59	0,11
	5V	86	1,04	0,15	0,23	0,15	0,07
		87**	1,14	0,16	0,24	0,16	0,07
		88	1,11	0,16	0,29	0,20	0,08
		89	1,06	0,15	0,22	0,23	0,08
		90	0,95	0,15	0,22	0,25	0,07
		91	1,01	0,16	0,14	0,24	0,07
		92	1,21	0,18	0,15	0,48	0,13
	6	86	1,46	0,23	0,75	0,27	0,12
		87	1,33	0,17	0,67	0,41	0,16
		88	1,41	0,18	0,62	0,56	0,20
		89	1,43	0,20	0,66	0,40	0,14
		90	1,20	0,19	0,63	0,47	0,15
		91	1,16	0,18	0,62	0,33	0,13
		92	1,29	0,22	0,48	0,62	0,18
	6V	86	1,44	0,14	0,14	0,14	0,08
		87	1,37	0,13	0,14	0,14	0,08
		88	1,59	0,19	0,13	0,17	0,07
89		1,21	0,19	0,29	0,15	0,08	
90		1,10	0,20	0,27	0,21	0,09	
91		1,13	0,18	0,26	0,17	0,09	
92		1,03	0,20	0,12	0,33	0,10	

* 1987 Düngung mit Wuxal (Düngungsparzelle 10)

** 1987 Düngung mit Silvital (Düngungsparzelle 11)

FV LIECHTENSTEIN-WALDSTEIN
"Düngungsflächen 1987" - Nadeljahrgang 2

	Baum	Jahr	% N	% P	% K	% Ca	% Mg
Fläche 10	1*	87	1,05	0,11	0,16	0,51	0,11
		90	1,14	0,15	0,29	0,43	0,08
		91	1,19	0,15	0,27	0,36	0,09
		92	1,43	0,20	0,43	0,55	0,11
	1V*	87	0,95	0,12	0,16	0,29	0,08
		90	1,13	0,13	0,19	0,73	0,13
		91	1,15	0,13	0,31	0,49	0,08
		92	1,21	0,15	0,33	0,58	0,08
	2	87	1,05	0,07	0,24	0,25	0,07
		90	1,30	0,12	0,33	0,47	0,07
		91	1,30	0,12	0,37	0,54	0,10
		92	1,50	0,17	0,49	0,41	0,08
	2V	87	1,73	0,32	0,19	0,46	0,13
		90	1,25	0,12	0,32	0,71	0,10
		91	1,41	0,13	0,37	0,42	0,07
		92	1,50	0,13	0,37	0,39	0,05
	3*	87	1,06	0,08	0,33	0,54	0,10
		90	1,53	0,13	0,61	0,58	0,07
		91	1,34	0,13	0,52	0,56	0,07
		92	1,37	0,16	0,53	0,41	0,05
	3V*	87	0,98	0,09	0,24	0,39	0,10
		90	1,25	0,11	0,43	0,62	0,09
		91	1,39	0,14	0,55	0,45	0,08
		92	1,37	0,17	0,54	0,40	0,08
	4	87	1,17	0,10	0,30	0,49	0,08
		90	1,37	0,12	0,33	0,52	0,07
		91	1,42	0,14	0,46	0,67	0,08
		92	1,47	0,15	0,36	0,40	0,06
4V	87	0,99	0,11	0,19	0,55	0,10	
	90	1,41	0,14	0,35	0,54	0,10	
	91	1,13	0,11	0,21	0,52	0,10	
	92	1,35	0,15	0,42	0,60	0,10	
Fläche 11	5**	87	1,05	0,13	0,19	0,53	0,11
		90	0,97	0,14	0,21	0,65	0,08
		91	0,99	0,13	0,23	0,63	0,08
		92	0,98	0,15	0,16	0,76	0,11
	5V**	87	1,03	0,11	0,13	0,34	0,08
		90	0,89	0,14	0,15	0,52	0,09
		91	0,99	0,16	0,11	0,50	0,10
		92	0,98	0,16	0,11	0,74	0,13
	6	87	1,35	0,15	0,42	0,52	0,16
		90	1,28	0,18	0,42	0,65	0,15
		91	1,20	0,17	0,41	0,59	0,14
		92	1,26	0,21	0,33	0,76	0,18
	6V	87	1,21	0,11	0,08	0,29	0,11
		90	1,09	0,17	0,20	0,30	0,08
		91	1,04	0,14	0,15	0,30	0,08
		92	0,97	0,17	0,11	0,37	0,09

FV LIECHTENSTEIN-WALDSTEIN / "Düngungsfläche 1989"

Kontrolle	Baum	Nadeljahrgang 1					Nadeljahrgang 2				
		1988	1989	1990	1991	1992	1988	1989	1990	1991	1992
Stickstoff (% N)	8	1,29	1,26	1,21	1,21	1,18	1,35	1,36	1,28	1,33	1,29
	13	1,50	1,40	1,34	1,26	1,10	1,15	1,08	1,40	1,03	1,04
	17	1,25	1,25	1,18	1,28	1,16	1,23	1,27	1,20	1,28	1,10
Phosphor (% P)	8	0,15	0,16	0,15	0,14	0,17	0,14	0,13	0,13	0,13	0,15
	13	0,20	0,20	0,20	0,18	0,19	0,16	0,15	0,14	0,13	0,17
	17	0,15	0,19	0,15	0,19	0,15	0,17	0,15	0,12	0,15	0,14
Kalium (% K)	8	0,57	0,51	0,50	0,50	0,47	0,47	0,33	0,38	0,40	0,34
	13	0,23	0,25	0,26	0,22	0,19	0,21	0,23	0,21	0,28	0,20
	17	0,44	0,31	0,28	0,31	0,22	0,31	0,21	0,22	0,26	0,19
Calcium (% Ca)	8	0,50	0,48	0,31	0,35	0,53	0,56	0,95	0,56	0,66	0,65
	13	0,47	0,35	0,33	0,33	0,54	0,55	0,64	0,64	0,66	0,70
	17	0,52	0,28	0,23	0,27	0,20	0,26	0,65	0,55	0,57	0,47
Magnesium (% Mg)	8	0,17	0,12	0,10	0,11	0,13	0,13	0,15	0,09	0,11	0,10
	13	0,16	0,10	0,10	0,10	0,12	0,13	0,10	0,09	0,11	0,10
	17	0,08	0,07	0,06	0,08	0,06	0,07	0,08	0,06	0,07	0,06
Schwefel (% S)	8	0,11	0,11	0,10	0,10	0,10	0,12	0,12	0,12	0,11	0,11
	13	0,11	0,10	0,10	0,09	0,09	0,09	0,10	0,11	0,08	0,10
	17	0,11	0,11	0,10	0,11	0,09	0,15	0,13	0,13	0,11	0,10

FV LIECHTENSTEIN-WALDSTEIN / "Düngungsfläche 1989"

Kontrolle	Baum	Nadeljahrgang 1					Nadeljahrgang 2				
		1988	1989	1990	1991	1992	1988	1989	1990	1991	1992
Stickstoff (% N)	9	1,29	1,36	1,27	1,27	1,29	1,40	1,41	1,34	1,38	1,31
	10	1,38	1,44	1,42	1,43	1,30	1,29	1,41	1,31	1,35	1,20
	14	1,45	1,53	1,20	1,29	1,19	1,13	1,32	1,40	1,33	1,22
Phosphor (% P)	9	0,11	0,12	0,12	0,12	0,15	0,09	0,09	0,09	0,10	0,14
	10	0,21	0,17	0,18	0,18	0,18	0,18	0,15	0,15	0,15	0,17
	14	0,19	0,18	0,20	0,19	0,17	0,15	0,16	0,18	0,17	0,16
Kalium (% K)	9	0,89	0,93	0,90	0,82	0,79	0,81	0,67	0,71	0,68	0,59
	10	0,52	0,63	0,72	0,64	0,53	0,37	0,49	0,45	0,46	0,41
	14	0,34	0,55	0,79	0,67	0,33	0,19	0,46	0,57	0,44	0,31
Calcium (% Ca)	9	0,55	0,51	0,58	0,48	0,84	0,71	0,91	0,90	0,74	0,97
	10	0,67	0,62	0,54	0,53	0,66	0,05	1,26	1,39	1,01	1,03
	14	0,46	0,45	0,50	0,34	0,55	0,63	0,73	0,81	0,75	0,75
Magnesium (% Mg)	9	0,11	0,09	0,09	0,09	0,08	0,09	0,09	0,08	0,08	0,07
	10	0,18	0,14	0,15	0,16	0,15	0,21	0,18	0,17	0,16	0,15
	14	0,15	0,13	0,13	0,12	0,11	0,14	0,12	0,12	0,13	0,11

FV LIECHTENSTEIN-WALDSTEIN / "Düngungsfläche 1989"

Kontrolle	Baum	Nadeljahrgang 1					Nadeljahrgang 2				
		1988	1989	1990	1991	1992	1988	1989	1990	1991	1992
Stickstoff (% N)	11	1,24	1,70	1,61	1,45	1,37	1,21	1,59	1,49	1,42	1,29
	12	1,39	1,67	1,56	1,41	1,30	1,26	1,51	1,56	1,47	1,36
	15	1,29	1,56	1,35	1,35	1,24	1,18	1,36	1,34	1,28	1,24
Phosphor (% P)	11	0,21	0,23	0,23	0,21	0,19	0,10	0,23	0,17	0,17	0,19
	12	0,14	0,18	0,14	0,14	0,16	0,13	0,19	0,13	0,14	0,16
	15	0,17	0,18	0,15	0,17	0,17	0,12	0,13	0,14	0,14	0,16
Kalium (% K)	11	0,50	0,70	0,81	0,62	0,49	0,49	0,68	0,69	0,56	0,49
	12	0,36	0,67	0,70	0,61	0,54	0,29	0,54	0,59	0,52	0,46
	15	0,36	0,76	0,89	0,93	0,76	0,26	0,67	0,67	0,65	0,63
Calcium (% Ca)	11	0,40	0,42	0,40	0,26	0,44	0,50	0,64	0,68	0,44	0,50
	12	0,45	0,69	0,48	0,49	0,55	0,73	1,13	0,91	0,86	0,71
	15	0,27	0,36	0,34	0,23	0,40	0,44	0,60	0,57	0,53	0,55
Magnesium (% Mg)	11	0,15	0,13	0,12	0,12	0,13	0,15	0,14	0,10	0,10	0,10
	12	0,09	0,10	0,09	0,09	0,10	0,08	0,11	0,05	0,07	0,07
	15	0,11	0,11	0,11	0,10	0,09	0,11	0,10	0,09	0,09	0,10
Schwefel (% S)	11	0,11	0,13	0,12	0,11	0,11	0,13	0,15	0,12	0,11	0,10
	12	0,10	0,10	0,10	0,09	0,09	0,10	0,11	0,10	0,09	0,09
	15	0,09	0,09	0,10	0,08	0,09	0,09	0,09	0,09	0,08	0,08

Schlußfolgerungen aus den forstpathologischen Untersuchungen in der Gleinalpe

CHRISTIAN TOMICZEK

Institut für Forstschutz, Forstliche Bundesversuchsanstalt

Kurzfassung: Ziel der im Gleinalmgebiet durchgeführten forstpathologischen Untersuchungen war es, die von DONAUBAUER (1989) postulierte Hypothese der "Nährstoffdefizite infolge Wurzelschäden" zu untermauern oder zu widerlegen. STEFAN (1989) stellte nach Durchführung umfangreicher Nadelanalysen im Projektgebiet fest, daß vor allem mangelhafte Kalium- und Stickstoffversorgung die Ursache der Vergilbung älterer Nadeljahrgänge ist. MAJER ET AL. (1989) wiesen auf Mängel der Nährstoff- und Wasserversorgung, die geringe Pufferkapazität, sowie die starke Versauerung der Böden hin, konnten aber keinen unmittelbar kausalen Zusammenhang mit den Schadbildern an Fichte herleiten. Konkret stellte sich nun die Frage, ob die Nährelementunterversorgung

- durch Auswaschungsvorgänge (leaching) innerhalb der Baumkronen,
- durch eine Störung des Aufnahme- und Leitapparates der Fichten
- oder durch andere noch weitgehend unbekannte Ursachen hervorgerufen wurde.

Schlüsselworte: Fichte, Wurzel-/Stammfäule, Nährstoffmangel, Nadelvergilbung

Abstract: [Conclusions from Forest Pathological Investigations in the Gleinalm area.] Healthy and diseased Norway spruce trees showing symptoms of acute needle yellowing were felled and examined for the presence of root and butt rots, and the nutrient content of needles and of root and stem sapwood was compared.

Trees with acute needle yellowing had significantly higher rates of root and/or butt rot, low levels of potassium, calcium and magnesium in the needles, and up to 7 times more potassium, calcium and magnesium in the sapwood of roots and lower stem parts.

Mineral deficiency in spruce needles and acute needle yellowing as a symptom thereof are consequently considered as being induced by physiochemical reactions due to fungal attack.

Keywords: Norway spruce, root/butt rot, mineral deficiency, needle yellowing

1. Wurzel- und Stammfäulen

Die im Projektgebiet an 56 Fichten unterschiedlicher Altersklassen und Schädigungsgrade (28 "Plusbäume" = gesunde Fichten, weitgehend schadsymptomfrei - sowie 28 "Minusbäume" = kranke Fichten, vergilbt und verlichtet) und deren 230 Hauptwurzeln durchgeführten Fäuleuntersuchungen (TOMICZEK 1990 a), ergaben einen deutlichen Zusammenhang zwischen Baumzustand im Kronenbereich und Fäuleprozent.

92,9 % der untersuchten "Minusbäume", sowie 87,9 % der Hauptwurzeln der Fichten mit Schadenssymptomen, und im Gegensatz dazu nur 7,1 % der "Plusbäume" und 11,4 % ihrer Hauptwurzeln wiesen Fäule auf. Der hohe Fäuleanteil der vergilbten Fichten im Gegensatz zu den relativ geringen Fäuleprozenten symptomfreier Fichten läßt den Schluß zu, daß hier ein direkter Zusammenhang gegeben ist.

Tabelle 1:

Fäuleanteile "gesunder" und "kranker" Fichten im Gleinalmgebiet

	Plusbäume				Minusbäume			
	Stamm		Wurzel		Stamm		Wurzel	
	faul	nicht faul	faul	nicht faul	faul	nicht faul	faul	nicht faul
n:	2	26	13	101	26	2	102	14
%:	7,1	92,9	11,4	88,6	92,9	7,1	87,9	12,1

2. Störungen des Aufnahme- und Leitapparates

Wenn nun klargelegt ist, daß die Nährstoffmängel in den Nadeln vergilbter Fichten mit Wurzel- und Stammfäulen in direktem Zusammenhang stehen, bleibt immer noch die Frage offen, inwieweit dies durch verminderte Nährstoffaufnahme bzw. Nährstoffleitung bedingt ist.

GÖBL (1989 a,b) fand einen sehr hohen Prozentsatz geschädigter bzw. in ihrer Entwicklung gestörter Mykorrhizen auf verschiedenen Standorten des Untersuchungsgebietes. Die Nährstoff- und Wasseraufnahme wird durch Mykorrhizaschäden beeinträchtigt und spielt für den Ernährungs- und Vitalitätszustand der Fichten im Gleinalmgebiet sicherlich eine bedeutende Rolle. Dies würde die Theorie der "Störung des Aufnahmeapparates" als eine der Hauptursachen für das Kränkeln der Fichten der Glein unterstützen. Allerdings konnte GÖBL (1990 b) nicht klären, ob die Mykorrhizaschäden mit den Baumzuständen im Untersuchungsgebiet korrelieren oder nicht.

Eigene Studien an "ungeschädigten" und "geschädigten" Probestämmen der Glein

angenommen werden, daß Störungen innerhalb des Wassertransportsystems des aufsteigenden Saftstroms vergilbter "Minusbäume" eine wesentliche Ursache für das Auftreten der Schadenssymptome darstellen und zur Unterversorgung der Nadeln beitragen.

Dies würde auch erklären, weshalb der Großteil der im Projektgebiet durchgeführten Düngeversuche keinen nennenswerten Erfolg gebracht hat (STEFAN 1991; TOMICZEK 1991 b).

3. Nährelementmangel infolge Wurzel- und Stammfäulen

Zwischen 1988 und 1989 wurden von insgesamt 10 Baumpaaren (10 Plusbäume - 10 Minusbäume) die Nährelementgehalte der Nadeljahrgänge 1+2, sowie des Splintholzes im Bereich dreier Stammscheiben (bei einem Teil auch des Wurzelholzes) bestimmt. Die mittleren Nährelementgehalte der Nadel- und Holzproben der "Plus-" und "Minusbäume" unterschieden sich teilweise signifikant voneinander. Während K, Mg und Ca in den Nadeln der "Minusbäume" in wesentlich geringeren Konzentrationen als bei den "Plusbäumen" vorlagen, zeigten die Analyseergebnisse der Splintholzproben im unteren Stamm- und Wurzelbereich gegenteiligen Verlauf; so enthielten die Splintholzproben der durch Fäule geschädigten, vergilbten Fichten durchschnittlich 7x mehr K, 4x soviel Ca und mehr Mg, N und auch Mn (TOMICZEK 1990 c).

Das Fehlen bestimmter Hauptnährelemente in den Nadeln vergilbter Fichten der Glein, bei gleichzeitiger Konzentration derselben Nährelemente in fäulegeschädigten Teilzonen des Holzes, läßt den Schluß zu, daß physiologische Reaktionen des betroffenen Baumes indirekt den Nährstoffmangel, sowie das Auftreten der Schadenssymptome induzieren.

Die vorliegenden Ergebnisse eigener Untersuchungen, sowie die anderer Autoren bestätigen die von DONAUBAUER (1989) postulierte Hypothese der "Nährstoffdefizite infolge Wurzelschäden". Die vergilbten Fichten im Projektgebiet wiesen N-, K-, Ca- und Mg- Unterversorgung (bzw. Mangel) in den Nadeln, signifikant höhere Fäuleprozente in Wurzeln und Stamm, sowie bis zu 7x höhere Konzentrationen an Kationen im unteren Stammholz auf. Inwieweit Mykorrhizaschäden einerseits, Fäule(folge)schäden andererseits die Gesamtheit der Nährstoffdefizite vergilbter Fichten im Projektgebiet erklären, sollte durch Folgeuntersuchungen überprüft werden.

Literatur

- DONAUBAUER, E., 1989: *Das Walderkrankungssyndrom im Gleinalgebiet*. Mitt.d.Forstl. Bundesversuchsanstalt Wien, 163/I, 5-9.
- GOBL, F., 1989 a: *Mykorrhiza- und Feinwurzeluntersuchungen im Waldschadensgebiet Gleingraben und Gleinalpe (Steiermark). I*. Mitt.d.Forstl. Bundesversuchsanstalt Wien, 1963/I, 171-195.
- GOBL, F., 1989 b: *Mykorrhiza- und Feinwurzeluntersuchungen im Waldschadensgebiet Gleingraben und Gleinalpe (Steiermark). II*. Mitt.d.Forstl. Bundesversuchsanstalt Wien, 163/I, 197-220.
- GÖBL, F., 1990 b: *Mykorrhiza- und Feinwurzeluntersuchungen im Waldschadensgebiet Gleingraben und Gleinalpe (Stmk.). IV*. Mitt.d.Forstl. Bundesversuchsanstalt Wien, 163/III, 33-38.
- MAJER, CH., KILIAN, W. U. MUTSCH, F., 1989: *Die Boden im Gleinalgebiet*. Mitt.d.Forstl. Bundesversuchsanstalt Wien, 163/I, 33-127.
- STEFAN, K., 1989: *Ergebnisse chemischer Nadelanalysen im Untersuchungsgebiet der Glein*. Mitt.d.Forstl. Bundesversuchsanstalt Wien, 163/II, 289-339.
- TOMICZEK, CH., 1990 a: *Forstpathologische Erhebungen im Gebiet der Glein. (I). Wurzel- und Stammfäuleuntersuchungen an Fichten*. Mitt.d.Forstl. Bundesversuchsanstalt Wien, 163/III, 39-57.
- TOMICZEK, CH., 1990 b: *Forstpathologische Erhebungen im Gebiet der Glein. (II). Bestimmung des Wassergehaltes im Holz unterschiedlich vitaler Fichten und Zusammenhänge mit der elektrischen Leitfähigkeit im Splint*. Mitt.d.Forstl. Bundesversuchsanstalt Wien, 163/III, 59-70.
- TOMICZEK, CH., 1990 c: *Forstpathologische Erhebungen im Gebiet der Glein. (III). Wurzel- und Stammfäulen - eine mögliche Ursache von Nährelementmangel in Fichtennadeln*. Mitt.d.Forstl. Bundesversuchsanstalt Wien, 163/III, 71-97.
- TOMICZEK, CH., 1991 b: *Forstpathologische Erhebungen im Gebiet der Glein. (V). Beobachtungen des Vitalitätszustandes von Fichten mittels Impulsstrommethode in gedüngten und ungedüngten Dauerbeobachtungsflächen der Gleinalpe*. Mitt.d.Forstl. Bundesversuchsanstalt Wien, 1963/4, 173-191.

Autor: Dipl.-Ing. Dr. Christian Tomiczek
Forstliche Bundesversuchsanstalt
Institut für Forstschutz
Seckendorff-Gudent Weg 8
1131 Wien

Das Walderkrankungssyndrom im Gleinalmgebiet - Synopsis der Ergebnisse

EDWIN DONAUBAUER

Institut für Forstschutz, Forstliche Bundesversuchsanstalt

Abstract: [The Forest Decline Syndrome in the Gleinalm Area - Synopsis of Results.] The forest decline syndrome in the Gleinalm area included yellowing of needles (of Norway spruce and silver fir), growth reduced, a high percentage of tree mortality in young trees and older age classes, root and stem rot and poor mykorrhiza. Studies concentrated on chemical analyses of soil, air and needles, on increment, as well as on mykorrhizae, root and stem rots and some physiological parameters (electrical conductivity, deposition of nutrients in the xylem). Further, the stand history provided data on earlier stresses and treatments of the sites.

The entire area suffered from cattle grazing, large-scale clear-cuts, surface burning and loss of biodiversity over a long period - until the middle of this century; forest management concentrated on monocultures of Norway spruce. The major part of present spruce stands suffer from stem rot after bark-peeling by red deer; in addition, root rot is common. Nitrogen deficiency is the most common nutrition problem of the needles. The presence of air pollutants was proved, but the concentrations or rates of deposition seem to be too low for an explanation of the decline.

Increment depressions have occurred since the late 1950ies or early 1960ies, the symptoms of the decline, however, became obvious as late as by the end of the 1970ies. This implies that visible symptoms became evident only after several very severe drought periods. The principal stress situation is caused by long-term excessive exploitation of the site and silvicultural treatment.

Strategies of future forest management are discussed.

Keywords: Forest decline, decay, drought, air pollution

1. Einleitung

Die Untersuchungen der Forstlichen Bundesversuchsanstalt waren ursprünglich für eine kürzere Zeitspanne geplant, doch ließen es einige Aspekte sinnvoll erscheinen, manche Untersuchungen zu ergänzen, weil die Dynamik des Schadensverlaufes weitere Erkenntnisse versprach. Bisher sind die diversen Ergebnisse der einzelnen Fachbereiche in vier Bänden der *Mitteilungen der Forstlichen Bundesversuchsanstalt* erschienen (1989 Bd. 163/I u. II; 1990 Bd. 163/III; 1991 Bd. 163/IV). Einige weitere Detailergebnisse werden nun in diesem Band, 1994, Band 163/V, vorgelegt. Das Gemeinschaftsprojekt verschiedener Fachbereiche wird hiermit nun abgeschlossen, doch wird

Rückblickend zeigt sich, daß das Waldschadenssyndrom der Glein schon deshalb von weiterreichendem Interesse sein dürfte, weil es keinen Einzelfall darstellt. Von der Waldgeschichte bis zum Aussehen der Wälder gibt es zahlreiche Parallelen in Österreich; erst vor kurzem wurde unsere Aufmerksamkeit auf ein ähnliches Syndrom im Lungau, Salzburg, durch Dr. Wiener, Landesforstinspektion Salzburg, gelenkt.

In der Synopse möchte ich eine Zusammenschau der bisherigen Ergebnisse versuchen.

2. Ergebnisse der Suche nach den Ursachen

Die Erhebungen konzentrierten sich zuerst auf die Waldgeschichte und die standörtlichen Charakteristika des Gleinalmgebietes; auf diese für das Verständnis mancher Zusammenhänge wichtigen Grundlagen wird weiter unten noch einzugehen sein.

Die Versuche und Untersuchungen zu Fragen nach der Kausalität konzentrierten sich auf:

- die Phyllosphaere einschließlich der Schadstoffbelastung der ambienten Luft,
- die Rhizosphaere und
- Fragen im Zusammenhang mit dem aufsteigenden Saftstrom.

2.1 Phyllosphaere

2.1.1 Nährstoffgehalte der Fichtennadeln

Die chemischen Analysen wurden zwischen 1986 und 1992 durchgeführt (STEFAN 1989, 1991, 1994) und haben zwei Hauptaussagen gebracht:

- Die Bäume weisen einen Mangel oder eine Unterversorgung von mindestens einem Nährelement auf, was bei den gelblich verfärbten Bäumen ausgeprägter war. Besonders hervorzuheben ist, daß vor allem das Nährelement Stickstoff am häufigsten im Bereich der Unterversorgung vorzufinden war. Die ursprüngliche Annahme, daß Magnesiummangel mit den Vergilbungssymptomen korrelieren könnte, wurde nicht bestätigt.
- Die visuell erkennbare Abnahme der Nadelvergilbungen drückte sich - vor allem ab 1990 - in den chemischen Nadelanalysen aus. Diese Dynamik deutet einerseits darauf hin, daß die Witterung einen wesentlichen Faktor für die Symptomausprägung darstellt und daß aber andererseits eine große Sensibilität (oder vielleicht besser Labilität) der Standorte vorliegt.

2.1.2 Schadstoffeinträge aus der Luft

2.1.2.1 Schadstoffgehalte in Fichtennadeln

Das Gleinalmgebiet liegt zwischen zwei seit langem bekannten Immissionsgebieten (Aichfeld und Grazer Becken bzw. Köflacher Raum). Obwohl in beiden Gebieten die Emissionssituation eine drastische Reduktion erfahren hat, mußte man damit rechnen, daß das Gleinalmgebiet eine nennenswerte Belastung aufweist bzw. aufgewiesen hatte. Diese plausible Meinung konnte nicht untermauert werden: Denn es zeigte sich, daß - 1991 und 1992 - noch an rund 16% der Probestellen eine Überschreitung der natürlichen Grenzwerte für Schwefel zu konstatieren waren, daß aber diese Gehalte weder 1986 noch heute für die beobachteten Symptome verantwortlich sein können.

2.1.2.2 Schadstoffgehalte in der ambienten Luft

Es wurden registrierende und integrierende Messungen (SO_2 , O_3 , NO_x) der Luftbelastung und auch Analysen des Niederschlages durchgeführt (SMIDT 1989; SMIDT & LEITNER 1991).

Es wurden zwar seehöheabhängige Unterschiede und auch gewisse Variationen von Jahr zu Jahr festgestellt, doch blieben sämtliche Werte bei weitem unter dem Niveau, bei dem man einen kausalen Zusammenhang zu den Schadenssymptomen annehmen müßte (obwohl es bei Ozon zu einem maximalen HMW von $132 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{V}$ kam, ist nach den Ergebnissen von WIESER & HAVRANEK (1992) eine Schädigung der Fichte auszuschließen).

Auch die jährlichen Elementeinträge konnten keinen Hinweis auf einen direkten kausalen Zusammenhang mit der aktuellen Immissionssituation geben.

Im Zusammenhang mit der Frage des Schadstoffeintrages - früher und jetzt - war es interessant erschienen, verschiedene Schwermetalle und ihre Verteilung in unterschiedlichen Tiefenstufen des Bodens zu analysieren, aber auch diese Untersuchungen erbrachten keinen zwingenden Nachweis für stärkere Einträge, weil die Schwermetallgehalte insgesamt sehr gering waren. Am ehesten könnten noch die Bleigehalte in ihrer Verteilung auf Fernverfrachtung schließen lassen (ENGLISCH 1989).

2.1.3 Krankheiten und Schädlinge

Krankheiten und Schädlinge können imstande sein, das Aussehen der Fichtenkronen (Nadelfarbe und Schütterkeit) beherrschend zu prägen.

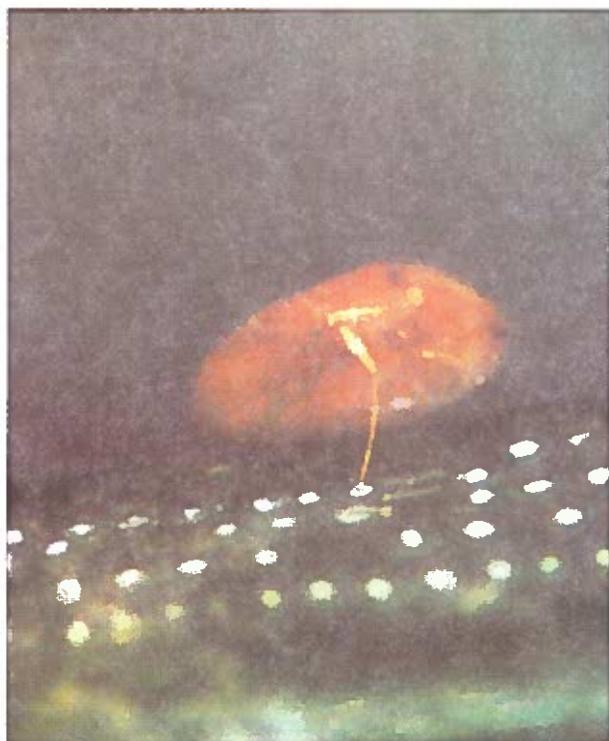
Im Gleinalmgebiet tritt als markantes Symptom in erster Linie eine Gelbverfärbung von Nadeln in Erscheinung. Es überwiegt diese Verfärbung als gleichmäßige Vergilbung - stärker an der Nadeloberseite; je nach Schwere sind alle Nadeljahrgänge betroffen oder nur die älteren. Dieses Krankheitsbild kann sich von Jahr zu Jahr verstärken, um schließlich mit der Bräunung der Nadeln und dem Absterben des Baumes zu enden. Wie schon früher erwähnt worden war (DOMANIKER 1989) ist von



Abb. 1 (oben):
Physokermes sp. ist in Höhenlagen über 1.000 m im Herbst und Frühjahr bei Nacht und hoher Feuchtigkeit zahlreich zu finden.
 (Foto: Th.Cech)

Abb. 2 (links):
Physokermes sp.; abgehoben, um zu zeigen, daß der lange Rüssel durch die Spaltöffnung eingeführt wird.
 (Foto: Th.Cech)

Abb. 3 (rechts):
 Häufige Sprengelung von Fichtennadeln, wahrscheinlich durch saugende Arthropoden verursacht.
 (Foto: S.Pikal)



und variieren auch von Standort zu Standort. Nach allen bisher vorliegenden Ergebnissen hängt dieses Symptom mit der von der Witterung modifizierten Nährelementversorgung zusammen.

Neben diesem weit verbreiteten Symptom fällt im Untersuchungsgebiet aber auch eine Gelb-Sprenkelung auf; diese ist mit steigender Seehöhe - etwa ab 1.000 m häufiger zu beobachten. Die Sprenkelung ist mit zunehmendem Nadelalter stärker; der jüngste Nadeljahrgang zeigt die Symptome erst im späteren Herbst. Gleiche Symptome können an vielen Standorten im Alpenraum beobachtet werden.

Die Untersuchungen zu unterschiedlichen Zeitpunkten haben gezeigt, daß für dieses Phänomen offensichtlich die Larvalstadien von *Physokermes* spp. verantwortlich zu machen sind. Die Larven führen ihren Saugrüssel durch die Spaltöffnungen an der Nadelunterseite ein und saugen von dort aus besonders im gegenüberliegenden Mesophyll, wo sie offenbar mit Hilfe von Anti-Oxidantien das Bräunen der Zellen verhindern (Abb. 1,2,3).

Die Larven saugen bevorzugt während der Nacht oder bei trübem Wetter, meiden also offenbar die für sie gefährliche Einstrahlung und verbergen sich an schattigen Stellen älterer Zweige.

Diese Sprenkelungen haben nichts mit Nährelementmangel oder mit Wirkungen von Luftverunreinigungen zu tun und spielen auch keine Rolle für das Krankheitsgeschehen im Gleinalmgebiet.

Ganz allgemein können Krankheiten und Schädlinge der Nadeln und Triebe als wesentliche Streßfaktoren im Problemgebiet ausgeschlossen werden (CECH 1989).



Selbstverständlich finden sekundäre Schädlinge - wie Borkenkäfer - in einem Gebiet mit zahlreichen kränkelnden Bäumen günstige Voraussetzungen vor und neigen bei entsprechenden Witterungsverhältnissen zur Vermehrung, wodurch der Schadholzfall stark erhöht werden kann. Dies ist in der Mitte der 1980er Jahre geschehen und konnte durch die Sorgfalt des Forstbetriebes wieder unter Kontrolle gebracht werden. Erhöhte Aufmerksamkeit (und Kosten) werden auch künftig nötig sein, um diese Schäden in Grenzen zu halten.

2.2 Rhizosphäre

Im Rahmen der Gleinalmstudie war versucht worden, ein Schwergewicht der Untersuchungen in die Rhizosphäre zu legen. Deshalb waren Arbeiten in diesem Bereich ein besonderes Anliegen. Nach den gegebenen Möglichkeiten konnten hierzu Beiträge über die boden-chemischen Verhältnisse, die Mykorrhizasituation und Wurzelfäulen gewonnen werden.

2.2.1 Mykorrhiza-Untersuchungen

Die Mykorrhiza-Untersuchungen haben zwei wesentliche Ergebnisse erbracht:

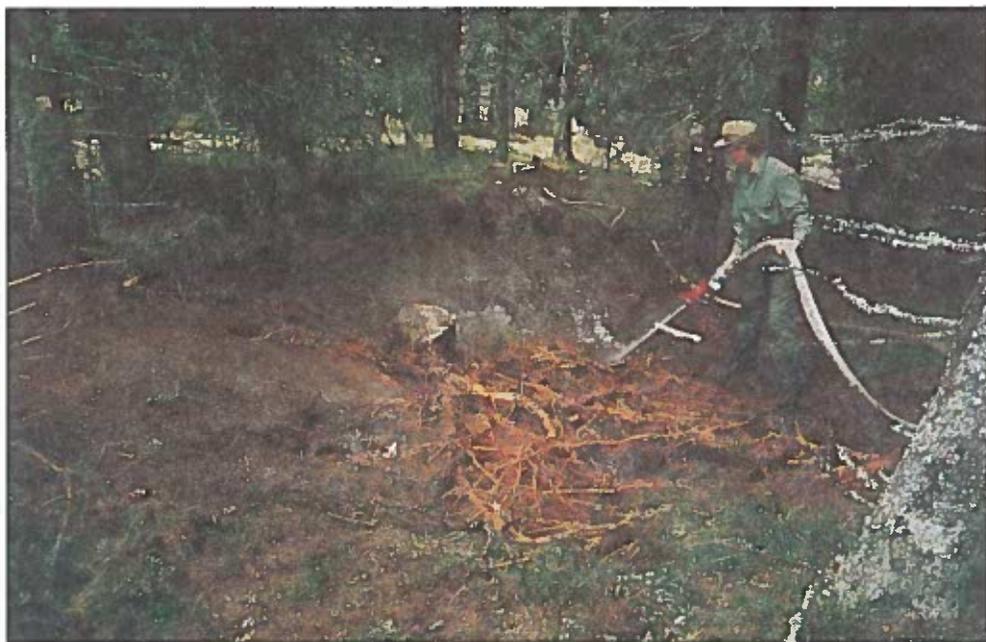
- Die Mykorrhizen der Fichte sind schwerst geschädigt und zeigen Parallelen zu Standorten anderer Voraussetzungen hinsichtlich der Böden und der Schadstoffeinträge. Dies läßt den Schluß zu, daß Ergebnisse von Mykorrhizauntersuchungen - so wie viele andere der unspezifische Ausdruck für Stresssituationen sind, d.h. daß man sie nicht als Indikator für eine bestimmte Stressorengruppe (wie z.B. Schadstoffeinträge) ansehen kann. (GÖBL 1989 a,b, 1990 a,b, 1991, 1994 a,b).
- Die Versuche mit verschiedenen Bodenhilfsstoffen bzw. mit einer Art Mulchung (Streuabdeckung) gaben wertvolle Hinweise auf Möglichkeiten zur Verbesserung der Mykorrhizasituation.

Darüberhinaus wurde entdeckt, daß wirksame Schädiger der Mykorrhizen vorkommen (Nematoden?). Es wird noch durch weitere Untersuchungen zu klären sein, ob diese Fraßschäden mit der Versauerung der oberen Bodenschichten zusammenhängen.

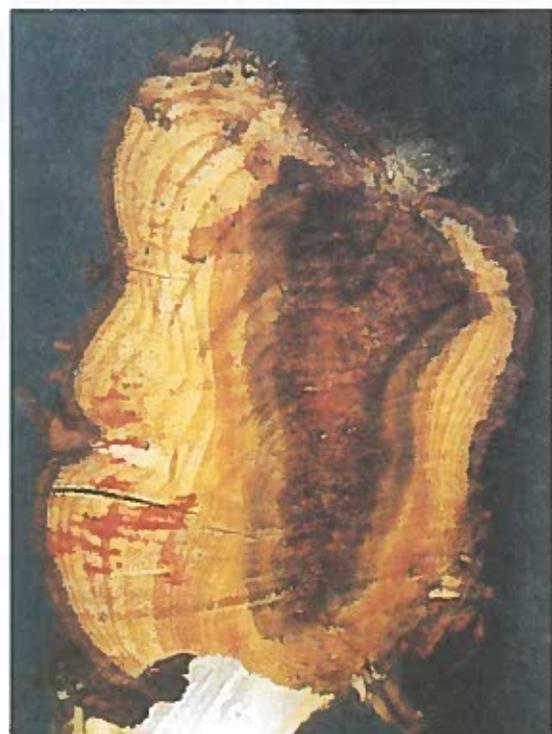
Die Mykorrhiza-Untersuchungen zeigen auf, daß die Nährstoffaufnahme infolge der schlechten Mykorrhizasituation stark beeinträchtigt sein muß. Zumindest zum Teil dürfen daher die zu beobachtenden Krankheitserscheinungen hierauf zurückgeführt werden.

2.2.2 Mechanische Schädigungen und Fäulen im Wurzelkörper

Die Untersuchungen haben gezeigt, daß die sehr oberflächlich streichenden Fichtenwurzeln zahlreiche mechanische Verletzungen aufweisen, die zu einem großen Teil auf Trittschäden durch die ehemalige Beweidung und zu einem geringeren Anteil auch durch



*Abb. 4:
Ausschwemmung von Fichtenwurzeln
zum Studium von Wurzelfäulen im
Bereich Rotmaieralm, Gleinalm.
(Foto: E.Donaubauer)*



*Abb. 5:
Hauptwurzel einer Fichte: Fäule nach
mechanischer Beschädigung auf der
Oberseite.
(Foto: Ch.Tomiczek)*

Die Ausschwemmung von Wurzeln und andere Untersuchungen haben gezeigt, daß diese mechanischen Schäden Ausgangspunkt für Pilzinfektionen sind und es kaum einen älteren Baum geben dürfte, der nicht Wurzelfäule oder Wundfäule im Gefolge von Schälsschäden, Stammfäule aufweist (DONAUBAUER 1989, RÖSSLER 1989, TOMICZEK 1989).

Diese Fäulen bewirken nicht nur eine - hier nicht untersuchte - Reduktion der Wertleistung, sondern haben ohne Zweifel auch physiologische Konsequenzen, das heißt z.B. auch, daß Bestände mit derartigen Vorschädigungen und Krankheiten jedenfalls Schwierigkeiten haben müssen, zusätzlichen Stressen (Trockenperioden oder auch Schadstoffimmissionen) zu widerstehen.

2.2.3 Bodenparameter

Die Böden des Gleinalmgebietes variieren, haben aber einige Gemeinsamkeiten hinsichtlich der niedrigen pH-Werte und ihrer Sensibilität hinsichtlich Trockenheit. Letzteres hängt unter anderem auch damit zusammen, daß die Bestände schon bei geringer Auflichtung zur Vergrasung neigen und durch die Grasdecke eine zusätzliche Konkurrenz geschaffen wird. Die pH-Werte haben vielfache Bedeutung, unter anderem auch hinsichtlich der Mykorrhiza und deren Schädiger (siehe oben).

Das bedeutet insgesamt, daß die künftigen Strategien zur Milderung der vom Boden ausgehenden Stresse beitragen müssen.

Die Schadstoffgehalte der Böden bewegen sich in Bereichen, die so niedrig sind, daß man von ihnen keine Kausalität für das Baum- und Waldsterben ableiten kann. Allerdings weisen die Analysen auf die Möglichkeit von Stressen hin, die aus der Unterversorgung bzw. auch aus dem Mangel einiger Spurenstoffe herrühren könnten.

3. Warum manifestieren sich die Folgen - erst - jetzt?

Im Laufe der späteren 1970er Jahre wurde allmählich bewußt, daß - nicht nur in Österreich und nicht nur im Gleinalmgebiet - das Aussehen von Baumkronen auf eine Streßsituation hinweist.

Es ist eine verständliche Reaktion, derlei Symptome mit der aktuellen Streßsituation in Zusammenhang zu bringen; daß dies trügerisch sein kann, lehrt eine umfangreiche phytopathologische Fachliteratur (CIESLA & DONAUBAUER 1994 bzw. dort zitierte Literatur).

Denn gerade im Zusammenhang mit verschiedenen Baumsterben-Syndromen konnte nachgewiesen werden, daß die Ausprägung der Symptome (die visuell erkennbaren Symptome, wie Schütterkeit der Belaubung, Gelbfärbung, Absterben von Kronenteilen und ganzer Bäume) häufig erst viele Jahre nach dem Eintreten

nicht nur einen geringeren Radialzuwachs als die grünen Bäume auf, sondern es zeigte sich ganz allgemein der Trend einer abfallenden Zuwachsleistung ab Ende der 1950er bzw. seit Anfang der 1960er Jahre. Erst ab Ende der 1970er Jahre (Höhepunkt des Schadholzanfalles 1983) war das Waldsterbensyndrom im Bereich der Gleinalpe registriert worden, das heißt, daß die Symptomausprägung der Minderung des Radialzuwachses um rund zwanzig Jahre nachhinkte.

Die Streßsituation von damals kann heute nur ungenau beschrieben werden:

In der zweiten Hälfte der 1950er Jahre hatte es ein paar ausgeprägte Witterungseinflüsse gegeben: Trockenperioden und vor allem Frostschäden waren damals an Koniferen (Fichte, Lärche, Tanne) beobachtet worden (JAHN & DONAUBAUER 1959). War dies der Beginn des Gleinalm-Syndroms? Nicht unerwähnt sollten wir lassen, daß es damals auch Höhepunkte in der SO_2 -Belastung des Raumes gegeben hatte (DONAUBAUER & STEFAN 1972; PAPESCH 1980; STEFAN 1980); ob damals die hohen Belastungen des Aichfeldes allerdings bis in das Gebiet der Gleinalpe gereicht hatten, läßt sich im nachhinein nicht mehr behaupten beziehungsweise nachweisen.

Die Studien über den Radialzuwachs zeigen aber auch, daß die Bestände recht bald - soweit der Schädigungsgrad noch nicht sehr weit fortgeschritten war - auf günstige Witterung (im besonderen hinsichtlich Niederschlagsverhältnisse) positiv reagiert hatten; selbstverständlich war dies bei den grüner erscheinenden Bäumen stärker ausgeprägt. Dies deutet an, daß die Bestände in ihrem Gesundheitszustand sehr labil sind und nun auf Witterungsunterschiede sehr sensibel reagieren. Kurzfristigen Verbesserungen des visuellen Zustandes sollte man daher eher skeptisch gegenüberstehen.

Die visuell erkennbaren Verbesserungen waren zuerst bei Tanne beobachtet worden (Ende der 1980er/Anfang der 1990er Jahre); die wenigen Zirbenbestände zeigten nie irgendwelche Krankheitssymptome. Dies ist ein Hinweis darauf, daß sich die Zustände in den oberen Bodenschichten für den Flachwurzler Fichte besonders negativ ausgewirkt haben mußten. Leider fehlen - wegen der geringen Repräsentanz der beiden anderen Baumarten - Vergleiche des Zuwachsverlaufes.

4. Der aufsteigende Saftstrom

Eine Serie von Untersuchungen war der Frage gewidmet, ob und inwieweit der aufsteigende Saftstrom Unterschiede zwischen visuell krank aussehenden und scheinbar gesunden Fichten aufzeigt (TOMICZEK 1989, 1990 a,b,c, 1991 a,b, 1994).

Die Studien haben bestätigt, daß Wasser- bzw. Ionentransport in kranken Bäumen stark beeinträchtigt sind. Dies war im großen und ganzen zu erwarten. Ganz besondere Aufmerksamkeit ist aber den chemischen Nährstoffanalysen in verschiedenen Abschnitten - Wurzelholz, Splintholz im Stammbereich und in den Nadeln - zuzuwenden. Denn es zeigte sich, daß der Mangel an manchen Nährstoffen (Kalium

schließen, daß diese Diskrepanz auf die Auswirkungen von Holzfäulen zurückzuführen ist (TOMICZEK 1990).

Diese Ergebnisse relativieren etwaige Schlußfolgerungen aus Bodenanalysen hinsichtlich verfügbarer Nährstoffe beziehungsweise aus chemischen Analysen von Assimilationsorganen. Es verdichten sich die Hinweise darauf, daß die toxischen Auswirkungen von Fäulen innerhalb der Bäume Fernwirkungen hinsichtlich Nährstofftransport besitzen. Bis zu 50 Jahrringe der Fichte können als Splint (also für den aufsteigenden Saftstrom) funktionieren. Durch Fäulen kann diese Anzahl von Jahrringen bereits stark reduziert werden; Trockenperioden können zur Stilllegung weiterer Jahrringe führen und können nicht mehr reaktiviert werden, wenn sich die Wasserversorungsverhältnisse plötzlich bessern. Erholungsphasen müssen daher nicht spontan, das heißt im selben Jahr an der Anzahl von Splintjahrgängen erkennbar werden; schon gar nicht können die mehrjährigen Verluste an Splint-Jahrringen durch wenige Jahre günstiger, feuchter Verhältnisse egalisiert werden.

Die Ergebnisse weisen darauf hin, daß man das Glein-Alm-Syndrom als Spätfolge mehrerer Ursachen betrachten muß, die für den hohen Fäuleprozentsatz - hier vor allem durch Waldweide und Schältschäden - verantwortlich sind.

5. Ist das Gleinalm-Syndrom eine Folge übermäßiger Beanspruchung?

Die Waldgeschichte (MAJER 1989) des Gleinalmbereiches macht offenbar, daß großräumig bestimmte Nutzungspraktiken über lange Zeit vorgeherrscht haben: vor allem Großkahlschläge, Brandwirtschaft und Waldweide charakterisieren diese exploitative Phase; hinzu kamen die Bestrebungen nach forstlicher "Optimierung" der Baumartenrepräsentanz und der Bestockung (Maximierung des Vorrates). Ab dem Ende der 1950er Jahre kamen die Folgen besonders hoher Wildstände hinzu.

Alle diese Einflüsse zusammen bewirkten großflächig die Eliminierung von Laubgehölzen (Verlust von Buche, Ahorn, Eberesche - aber auch extreme Verarmung an Sträuchern), den weitgehenden Verlust der Tanne und die Verarmung an Bodenvegetation - einerseits durch das Ausdunkeln als Folge dichter gleichaltriger Fichtenbestände und andererseits durch die Übernutzung durch Pflanzenfresser (Weidevieh und Wild).

Dies hat nicht nur die Degradation und Versauerung der Böden gefördert und mußte sich auf die Mykorrhizierung auswirken. Der Rückgang der Vielfalt an Pflanzenarten mag indirekt - durch Reduktion der Antagonisten - die Wurzelfäuleerreger begünstigt haben. Zugleich mußte die Schere zwischen geringerem Äsungsangebot und höheren Wildständen in starken Schäden enden.

Die Gleinalm ist kein Sonderfall hinsichtlich historischer Lasten und heutiger Probleme; man findet viele Analogien etwa im Wechselgebiet Niederösterreichs, im Lun-

6. Welche Sanierungsmaßnahmen kann man ableiten?

Die gegebene Situation ist das Resultat von jahrzehnte- bis jahrhundertelanger Nutzung und Beeinflussung. Es ist daher auszuschließen, daß eine Sanierung kurzfristig greift, doch könnte sie eine Wende einleiten.

Man darf auch nicht außeracht lassen, daß die Witterung offensichtlich die Rolle des Symptomauslösers gespielt hat. Die Labilität der Standorte wird noch lange gegeben sein und kann bei entsprechenden Witterungseinflüssen immer wieder zu Rückschlägen führen, alle Sanierungsmaßnahmen kurzfristig unwirksam erscheinen lassen.

Die Strategien können daher nur langfristig gesehen werden und können aus wirtschaftlichen Gründen gewiß auch nur allmählich umgesetzt werden; folgende Zielrichtungen leiten sich aus den Ergebnissen des Projektes ab:

- Reduktion des Fichtenanteiles und des Altersklassenwaldes
- Zugleich Einbringung größerer Laubwaldhorste
- Anhebung des Zirben-Anteils in den höheren Lagen (wegen der Schneeschimmelfahrer nur in großen Horsten).
- Förderung der Pflanzenvielfalt in der Bodenvegetation und Strauchschicht
- Integrative Wildschadensvorbeugung - im besonderen:
 - Flächen- und Einzelschutz vor Wildverbiß
 - Anlage und Pflege von Wildäsungsflächen, um den Äsungsdruck auf die Waldbestände zu verringern
 - Sorgfältige Wildstandsregulierung
- Vermeidung von Wurzelverletzungen bei Durchforstungen (z.B. Seilbringung)
- Stockbehandlung gegen *Heterobasidion annosum* bei Dickungspflege und Durchforstung
- Wo immer möglich: Maßnahmen zur Förderung der Mykorrhiza und Bodenverbesserung durch Düngemittel, Bodenhilfsstoffe und Mulchung.

Literatur

- CECH, T., 1989: *Trybidiopycnis pinastri* (Nebenfruchtform von *Trybidiopsis pinastri* - ein im Gleinalmgebiet an Fichtenstämmen häufiger Mikropilz. Mitt.d.Forstl. Bundesversuchsanstalt Wien, 163/II, 417-422.
- CIESLA, W.M. AND DONAUBAUER, E., 1994: *Decline and dieback of trees and forests - A global overview.* FAO Forestry Paper 120, Rome, 90 S.
- DONAUBAUER, E. U. STEFAN, K., 1972: *Nachweis der Vergrößerung von Immissionswirkungen nach Errichtung eines kalorischen Kraftwerkes.* Mitt.d.Forstl. Bundesversuchsanstalt Wien, 97/I, 151-161.
- DONAUBAUER, E., 1989: *Das Walderkrankungssyndrom im Gleinalmgebiet.* Mitt.d.Forstl. Bundesversuchsanstalt Wien, 163/I, 5-9.
- ENGLISCH, M., 1989: *Schwermetallgehalte in den Böden der Gleinalm.* Mitt.d.Forstl. Bundesversuchsanstalt Wien, 163/II, 405-415.
- GOBL, F., 1989 a: *Mykorrhiza- und Feinwurzeluntersuchungen im Waldschadensgebiet Gleingraben und*

- GOBL, F., 1990 a: *Mykorrhiza- und Feinwurzeluntersuchungen im Waldschadensgebiet Gleingraben und Gleinalpe (Stmk.). III.* Mitt.d.Forstl. Bundesversuchsanstalt Wien, 163/III, 5-31.
- GOBL, F., 1990 b: *Mykorrhiza- und Feinwurzeluntersuchungen im Waldschadensgebiet Gleingraben und Gleinalpe (Stmk.). IV.* Mitt.d.Forstl. Bundesversuchsanstalt Wien, 163/III, 33-38.
- GOBL, F., 1991: *Mykorrhiza- und Feinwurzeluntersuchungen im Waldschadensgebiet Gleingraben und Gleinalpe (Stmk.). V.* Mitt.d.Forstl. Bundesversuchsanstalt Wien, 163/4, 31-49.
- GOBL, F., 1994 a: *Mykorrhiza- und Feinwurzeluntersuchungen im Waldschadensgebiet Gleingraben und Gleinalpe (Steiermark). VI. Einfluß von Düngung, Bodenhilfstoffen und Streuzufuhr auf Mykorrhiza- und Feinwurzelschäden, 1991.* Mitt.d.Forstl. Bundesversuchsanstalt Wien, 163/5.
- GOBL, F., 1994 b: *Mykorrhiza- und Feinwurzeluntersuchungen im Waldschadensgebiet Gleingraben und Gleinalpe (Steiermark). VII. Einfluß einiger Gesteinsmehle und Dünger auf das Mycelwachstum von Mykorrhizapilzen und anderer Pilzarten. Ein Labortest als Ergänzung zu Freilandversuchen.* Mitt.d.Forstl. Bundesversuchsanstalt Wien, 163/5.
- JAHN, E. u. DONAUBAUER, E., 1959: *Über ein Lärchen- und Fichtensterben in Österreich.* Anzeiger f. Schädlingskunde, Berlin, 32. Jg., Heft 6, 81-87.
- MAJER, CH., 1989: *Zu Klima, Geologie und Waldgeschichte des Waldschadensgebietes Gleinalm. Hinweise auf anthropogene Einwirkungen auf den Boden.* Mitt.d.Forstl. Bundesversuchsanstalt Wien, 163/I, 11-31.
- PAPESCH, E., 1980: *Die Immissionsituation in der Region Aichfeld-Murboden.* Mitt.d.Forstl. Bundesversuchsanstalt Wien, 131, 195-198.
- RÖSSLER, G., 1989: *Versuch Gleinalm (809). Vergleichende Zuwachsuntersuchung bei vergilbten und gesunden Fichten.* Mitt.d.Forstl. Bundesversuchsanstalt Wien, 163/II, 385-404.
- RÖSSLER, G., 1994: *Zuwachskundliche Untersuchung über den Einfluß von Düngung und Kronenzustand auf das Zuwachsverhalten von Fichten im Gleingraben.* Mitt.d.Forstl. Bundesversuchsanstalt Wien, 163/5.
- SMIDT, ST., 1989: *Immissionsmessungen im Gleinalmgebiet.* Mitt.d.Forstl. Bundesversuchsanstalt Wien, 163/II, 225-263.
- SMIDT, ST. u. LEFTNER, J., 1991: *Immissionsmessungen im Gleinalmgebiet.* Mitt.d.Forstl. Bundesversuchsanstalt Wien, 163/4, 51-64.
- STEFAN, K., 1980: *Ergebnisse von Luftanalysen (SO₂-Stichprobenmessungen) im westlichen Teil des Aichfeldes (Steiermark) in den Jahren 1977 und 1979.* Mitt.d.Forstl. Bundesversuchsanstalt Wien, 131, 199-205.
- STEFAN, K., 1989: *Ergebnisse chemischer Nadelanalysen im Untersuchungsgebiet Glein.* Mitt.d.Forstl. Bundesversuchsanstalt Wien, 1963/II, 289-339.
- STEFAN, K., 1991: *Zur Nährelementversorgung der Fichtennadeln von gedüngten und ungedüngten Bäumen im Gleinalmgebiet.* Mitt.d.Forstl. Bundesversuchsanstalt Wien, 163/4, 65-140.
- STEFAN, K., 1994: *Schwefel- und Nährstoffversorgung der Fichtennadeln im Gleinalm-Gebiet.* Mitt.d.Forstl. Bundesversuchsanstalt Wien, 163/5.
- TOMICZEK, CH., 1989: *Leitfähigkeit, Ast- und Nadelbiometrie von Fichten im Schadensgebiet Gleinalpe.* Mitt.d.Forstl. Bundesversuchsanstalt Wien, 163/II, 357-384.
- TOMICZEK CH., 1990 a: *Forstpathologische Erhebungen im Gebiet der Glein (I). Wurzel- und Stammfäuleuntersuchungen an Fichten.* Mitt.d.Forstl. Bundesversuchsanstalt Wien, 163/III, 39-57.
- TOMICZEK CH., 1990 b: *Forstpathologische Erhebungen im Gebiet der Glein (II). Bestimmung des Wassergehaltes im Holz unterschiedlich vitaler Fichten und Zusammenhänge mit der elektrischen Leitfähigkeit im Splint.* Mitt.d.Forstl. Bundesversuchsanstalt Wien, 163/III, 59-70.
- TOMICZEK CH., 1990 c: *Forstpathologische Erhebungen im Gebiet der Glein (III). Wurzel- und Stammfäulen - eine mögliche Ursache von Nährelementmangel in Fichtennadeln.* Mitt.d.Forstl. Bundesversuchsanstalt Wien, 163/III, 71-97.
- TOMICZEK, CH., 1991 a: *Forstpathologische Erhebungen im Gebiet der Glein (IV). Die Abhängigkeit der elektrischen Widerstandsmessung im Splintholz lebender Bäume von äußeren Faktoren.* Mitt.d.Forstl. Bundesversuchsanstalt Wien, 163/4, 141-171.

- TOMICZEK, CH., 1994: *Schlußfolgerungen aus den forstpathologischen Untersuchungen in der Gleinalpe*. Mitt.d.Forstl. Bundesversuchsanstalt Wien, 163/5.
- WIESER G. U. HAVRANEK, W.M., 1992: *Die Ozonaufnahme in der Sonnen- und Schattenkrone von Fichten. Ein Beitrag zur Quantifizierung der physiologischen Wirksamkeit der Ozonkonzentration der Luft*. FBVA-Berichte, Forstl. Bundesversuchsanstalt Wien, 67, 95-103.

Autor: Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr. Edwin Donaubaue
Forstliche Bundesversuchsanstalt
Institut für Forstschutz
Seckendorff-Gudent Weg 8
A-1131 Wien

Mitteilungen der Forstlichen Bundesversuchsanstalt Wien

			Preis in ÖS
1983	Nr. 148	HOLZSCHUH, CAROLUS: Bemerkenswerte Käferfunde in Österreich. III. (81 Seiten)	100.—
1983	Nr. 149	SCHMUTZENHOFER, HEINRICH: Eine Massenvermehrung des Rotköpfigen Tannentriebwicklers (Zeiraphera rufimitrana H.S.) im Alpenvorland (nahe Salzburg). (39 Seiten)	150.—
1983	Nr. 150	SMIDT, STEFAN: Untersuchungen über das Auftreten von Sauren Niederschlägen in Österreich. (88 Seiten)	150.—
1983	Nr. 151	Forst- und Jagdgeschichte Mitteleuropas. Referate der IUFRO-Fachgruppe S6.07-00 Forstgeschichte, Tagung in Wien vom 20.-24. September 1982. (134 Seiten)	150.—
1983	Nr. 152	STERBA, HUBERT: Die Funktionsschemata der Sortentafeln für Fichte in Österreich. (63 Seiten)	100.—
1984	Nr. 153	Beiträge zur Wildbacherosions- und Lawinenforschung (5). IUFRO-Fachgruppe S1.04-00. Vorbeugung und Kontrolle von Wildbacherosion, Hochwässer und Muren, Schneeschäden und Lawinen. (224 Seiten)	250.—
1985	Nr. 154/I	Österreichische Forstinventur 1971-1980. Zehnjahresergebnis. (Seite 1-216)	220.—
1985	Nr. 154/II	Österreichische Forstinventur 1971-1980. Inventurgespräch. (Seite 219-319)	100.—
1985	Nr. 155	BRAUN, RUDOLF: Über die Bringungslage und den Werbungsaufwand im österreichischen Wald. (243 Seiten)	vergriffen
1985	Nr. 156	Beiträge zur Wildbacherosions- und Lawinenforschung (6). IUFRO-Fachgruppe S1.04-00 (Wildbäche, Schnee und Lawinen). Vorbeugung und Kontrolle von Wildbacherosion, Hochwässer und Muren, Schneeschäden und Lawinen. (247 Seiten)	vergriffen
1986	Nr. 157	Zweites österreichisches Symposium Fernerkundung. Veranstaltet von der Arbeitsgruppe Fernerkundung der Österreichischen Gesellschaft für Sonnenenergie und Weltraumfragen (ASSA), 2.-4. Oktober 1985 in Wien. (220 Seiten)	250.—
1987	Nr. 158/I	MERWALD, INGO E.: Untersuchung und Beurteilung von Bauweisen der Wildbach- verbauung in ihrer Auswirkung auf die Fischpopulation. (Seite 1-196)	250.—
1987	Nr. 158/II	MERWALD, INGO E.: Untersuchung und Beurteilung von Bauweisen der Wildbach- verbauung in ihrer Auswirkung auf die Fischpopulation. (Seite 196-364)	250.—
1988	Nr. 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. (410 Seiten)	420.—
1988	Nr. 160	MÜLLER, FERDINAND: Entwicklung von Fichtensämlingen (<i>Picea abies</i> (L.) Karst.) in	

1988	Nr. 161	KRONFELLNER-KRAUS, GOTTFRIED; NEUWINGER, IRMENTRAUD; RUF, GERHARD; SCHAFFHAUSER, HORST: Über die Einschätzung von Wildbächen - Der Dürnbach. (264 Seiten)	300.—
1988	Nr. 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. (172 Seiten)	180.—
1989	163 /I	Zum Waldsterben im Gleinalmgebiet. (Seite 1-224)	300.—
1989	163 /II	Zum Waldsterben im Gleinalmgebiet. (Seite 225-422)	300.—
1990	163 /III	Zum Waldsterben im Gleinalmgebiet. (98 Seiten)	180.—
1990	164 /I	KILLIAN, HERBERT: Der Kampf gegen Wildbäche und Lawinen im Spannungsfeld von Zentralismus und Föderalismus. Historische Grundlagen. (167 Seiten)	180.—
1990	164 /II	KILLIAN, HERBERT: Der Kampf gegen Wildbäche und Lawinen im Spannungsfeld von Zentralismus und Föderalismus. Das Gesetz. (183 Seiten)	190.—
1990	164 /III/2	KILLIAN, HERBERT: Der Kampf gegen Wildbäche und Lawinen im Spannungsfeld von Zentralismus und Föderalismus. Die Organisation. (211 Seiten)	220.—
1990	164 /III/2	KILLIAN, HERBERT: Der Kampf gegen Wildbäche und Lawinen im Spannungsfeld von Zentralismus und Föderalismus. Die Organisation. (133 Seiten)	140.—
1990	164 /IV/1	KILLIAN HERBERT: Dokumente und Materialien zur Geschichte der Wildbach- und Lawinenverbauung in Österreich. Teil 1. (184 Seiten)	190.—
1990	164 /IV/2	KILLIAN HERBERT: Dokumente und Materialien zur Geschichte der Wildbach- und Lawinenverbauung in Österreich. Teil 2. (118 Seiten)	120.—
1990	165	KARRER, GERHARD; KILIAN, WALTER: Standorte und Waldgesellschaften im Leithagebirge. Revier Sommerein. Mit einem waldbaulichen Beitrag von Krisl, Wolfgang; Müller, Ferdinand. (245 Seiten)	265.—
1991	163 /IV	Zum Waldsterben im Gleinalmgebiet. (190 Seiten)	230.—
1991	166	Zusammenfassende Darstellung der Waldzustandsinventur. (265 Seiten)	300.—
1991	167 /I	STROHSCHNEIDER, ILSE: Mittelfristige Veränderungen des Bodenzustandes auf Exaktdüngungs- versuchsflächen der FBVA. I. Teil: Unbehandelte Parzellen. (200 Seiten)	200.—
1992	167 /II	STROHSCHNEIDER, ILSE: Mittelfristige Veränderungen des Bodenzustandes auf Exaktdüngungs- versuchsflächen der FBVA. II. Teil: Gedüngte Parzellen und Vergleich gedüngter mit unbehandelten Parzellen. (111 Seiten)	115.—
1992	168	Österreichische Waldboden-Zustandsinventur.	

