

**MITTEILUNGEN
DER FORSTLICHEN BUNDESVERSUCHSANSTALT
WIEN**

(früher „Mitteilungen aus dem forstlichen Versuchswesen Österreichs“)

163. Heft

1989

ZUM WALDSTERBEN IM GLEINALMGEBIET

ODC 48:181.45:11:(436)

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

Copyright by
Forstliche Bundesversuchsanstalt
A - 1131 Wien

Nachdruck mit Quellenangabe gestattet

Printed in Austria

ISBN 3-7040-1021-9

Herstellung und Druck
Forstliche Bundesversuchsanstalt
A - 1131 Wien

INHALTSVERZEICHNIS

1. B a n d

	Seite
DONAUBAUER E.: Das Walderkrankungssyndrom im Gleinalmgebiet	5
MAJER Ch.: Zu Klima, Geologie und Waldgeschichte des Waldschadensgebietes Gleinalm	11
MAJER Ch.: Hinweise auf anthropogene Einwirkungen auf den Boden	25
MAJER Ch., KILIAN W., MUTSCH F.: Die Böden im Gleinalmgebiet	33
KARRER G.: Vegetationskundliche Charakterisierung des Gleingrabens bei Knittelfeld (Steiermark)	129
GÖBL Friederike: Mykorrhiza- und Feinwurzeluntersuchungen im Waldschadensgebiet Gleingraben und Gleinalpe (Steiermark) I. Zustandserhebung in der Probefläche "Hexenkreuzung"	171
II. Zustandserhebung im Gesamtareal, 1987.....	197

2. B a n d

SMIDT St.: Immissionsmessungen im Gleinalmgebiet	225
STROHSCHNEIDER Ilse: Beziehung zwischen dem Chemismus von Wurzel und Boden an ausgewählten Punkten der Gleinalm	265

STEFAN K.: Ergebnisse chemischer Nadelanalysen im Untersuchungsgebiet Glein	289
KILIAN W.: Diagnostische Düngungsversuche im Gleinalmgebiet	341
TOMICZEK Ch.: Leitfähigkeit, Ast- und Nadelbiome- trie von Fichten im Schadensgebiet Gleinalpe	357
RÖSSLER G.: Versuch Gleinalm (809) Vergleichende Zuwachsuntersuchung bei ver- gilbten und gesunden Fichten	385
ENGLISCH M.: Schwermetallgehalte in den Böden der Gleinalm	405
CECH Th.: Tryblidiopycnis pinastri (Nebenfrucht- form von Tryblidiopsis pinastri - ein im Glein- almgebiet an Fichtenästen häufiger Mikropilz	417

IMMISSIONSMESSUNGEN IM GLEINALMGEBIET

Stefan Smidt

1 Einleitung

Luftverunreinigungen in Form von trockener und nasser Deposition nehmen bei der Diskussion der Ursachen von "neuartigen Waldschäden" eine zentrale Rolle ein; sie sind häufig mit Waldschäden in Zusammenhang zu bringen. Wenn Wirkungen durch hohe (Dauer-)konzentrationen auszuschließen sind, weil Emittenten in der unmittelbaren Umgebung fehlen, sind Ferntransporte von Luftverunreinigungen und Kombinationswirkungen mehrerer Spurenstoffe in Betracht zu ziehen; dabei ist dem in Reinluftgebieten in höheren Konzentrationen vorkommenden Ozon als Leitkomponente photochemischer Oxidantien besondere Beachtung zu schenken.

Das Gleinalmgebiet ist von bekannten, immissionsbeeinflussten Gebieten größerer Ausdehnung (Mürz- und Murtal, Aichfeld, Grazer Becken) eingegrenzt, deshalb sind Kombinationswirkungen verschiedener Schadgase möglich. Im vorliegenden Beitrag werden die bisherigen Ergebnisse (1985 - 1987) der registrierenden und integrierenden Messungen sowie der Messungen nasser Freilanddeposition zusammengefaßt.

2 Untersuchungen

2.1 Meßstellen

Die Meßstellen, Erhebungen und Erhebungszeiträume sind in Tab.1 zusammengestellt. Die registrierenden SO_2 -, O_3 - und NO_x -Messungen erfolgten an den Stationen Schutzhaus und Stanglhütte. Integrierende Messungen mit Meßkerzen wurden an vier Stationen durchgeführt (die SO_2 -Messungen erfolgten mit Bleikerzen; die Ozonmessungen beruhen auf der chemischen Umwandlung von Indigo zu Isatin, die NO_x -Messungen auf der Umsetzung von Diphenylamin zum entsprechenden Nitrosamin; bei den letztgenannten Methoden

wird die Auswertung mit der spektralphotometrischen Messung der Extinktion der Reaktionsprodukte in alkoholischer Lösung vorgenommen). Die Werbung der nassen Freilanddepositionen wurde mit einem "Bulk-Sammler" (Sammelvorrichtung mit einem Auffangdurchmesser von 20,5 cm) an der tiefstgelegenen Meßstelle bewerkstelligt. Die Gewinnung der Proben erfolgte an Tagen mit einem Niederschlagsereignis. In den Tagesproben wurden pH-Wert (Glas-elektrode), Leitfähigkeit (Konduktometer), die Ionen Sulfat, Nitrat, Chlorid, Ammonium, Natrium und Kalium (mit einem Ionen-chromatograph) sowie Calcium und Magnesium (mit einem Atomab-sorptionsspektrophotometer) analysiert. Die Auswertung erfolgte anhand der Einzelprobenanalysen und der aus ihnen errechneten gewichteten Monatswerte. Aus den Ionenkonzentrationen und Nie-derschlagsmengen wurden die Elementeinträge berechnet.

Tab.1: Meßstellen und Erhebungszeiträume im Untersuchungsgebiet

Meßstelle (Seehöhe)	---- Luftschadstoffmessungen ----			Meteorolog. Messungen
	registrierend	integrie- rend 3)	Depos.- Mess. 4)	
Schutzhaus (1586m)	SO ₂ ,O ₃ ,NO _x 1)	SO ₂ ,O ₃ ,NO _x	-	WIRI,WIGE 5)
Rothmairalm (1450m)	-	SO ₂ ,O ₃ ,NO _x	-	-
Stadlmoar (1170m)	-	SO ₂ ,O ₃ ,NO _x	-	-
Stanglhütte (1000m)	SO ₂ ,O ₃ ,NO _x 2)	SO ₂ ,O ₃ ,NO _x	+	WIRI,WIGE 6)

- 1) 5/1985-8/1987 (Betreuung durch das Amt der Steiermärkischen Landes-regierung)
- 2) 10/1985-12/1986; im Auftrag des Amtes der Steiermärkischen Landes-regierung vom ÖBIG betreut (ÖSTERREICHISCHES BUNDESINSTITUT FÜR GE-SUNDHEITSWESEN 1986)
- 3) 30 Perioden zu je 28 Tagen (6/1985-10/1987; FBVA, Inst. f. Immissions-forschung und Forstchemie)
- 4) ab 1/1986 (FBVA, Inst. f. Immissionsforschung und Forstchemie)
- 5) 1987 (WIRI: Windrichtung, WIGE: Windgeschwindigkeit)
- 6) 21.6.1985-30.4./1987. Auswertung der meteorologischen Meßergebnisse beider Meßstellen durch die Zentralanstalt für Meteorologie und Geo-dynamik (KOLB 1987)

2.2 Beurteilungskriterien

Die Ergebnisse der registrierenden Messungen wurden nach den in den Abschnitten 2.2.1 - 2.2.3 wiedergegebenen Grenzwerten bzw. Höchstwerten beurteilt.

2.2.1 SO₂-Grenzwerte

SO ₂ -Grenzwerte der 2. Verordnung gegen forstschädliche Luftverunreinigungen (BGBl.199/1984)		
	April-Oktober	November - März
	mg/m ³	
Halbstundenmittelwerte	0,07 *)	0,15 *)
Tagesmittelwerte	0,05	0,10

*) 97,5-Perzentil; zulässige Überschreitung maximal 100%

2.2.2 Ozongrenzwerte und -Höchstwerte

Ozongrenzwert der Schweizerische Luftreinhalte-Verordnung: (EIDGEN. DEPARTEMENT DES INNEREN, 1985): Halbstundenmittel-Grenzwert 0,1 mg/m³ (98-Perzentil der HMW-e eines Monats).

Ozon-Höchstwerte der VDI-Richtlinie 2310 (Bl.6, Entwurf;1987):

Max. O ₃ -Immissionskonzentrationen für Ozon als Einzelkomponente zum Schutz der Vegetation					
Resistenzgrad	Einwirkungsdauer (Stunden)				
	0,5	1,0	2,0	4,0	8,0
	mg/m ³				
sehr empfindlich	0,30	0,15	0,12	0,10	0,08
empfindlich	0,50	0,35	0,25	0,20	0,17
weniger empfindlich	1,00	0,50	0,40	0,35	0,30

Ozon-Luftgüteleitwert der WHO zum Schutz der Vegetation vor Langzeitwirkungen: 0,060 mg/m³ (für die Vegetationsperiode).

Ozon-Höchstgrenzen gemäß dem Rat von Sachverständigen für Umweltfragen in der BRD (1983):

Pflanzenempfindlichkeit	Einwirkungsdauer (Stunden)		
	0,5	1,0	4,0
	mg/m ³		
sehr empfindlich	0,30	0,15	0,05
weniger empfindlich	1,00	0,70	0,30

2.2.3 NO₂-Grenz- und Höchstwerte

NO₂-Höchstwerte der Österreichischen Akademie der Wissenschaften (wirkungsbezogene Immissionsgrenzwerte zum Schutz der Vegetation): Halbstundenmittelwert (HMW): 0,2 mg/m³; Tagesmittelwert (TMW): 0,08 mg/m³; Jahresmittel (JMW): 0,03 mg/m³.

NO₂-Grenzwerte der Schweizerischen Luftreinhalte-Verordnung: JMW: 0,03, TMW: 0,08; HMW: 0,1 mg/m³ (95-Perzentil der Halbstundenmittelwerte innerhalb eines Jahres).

3 Ergebnisse

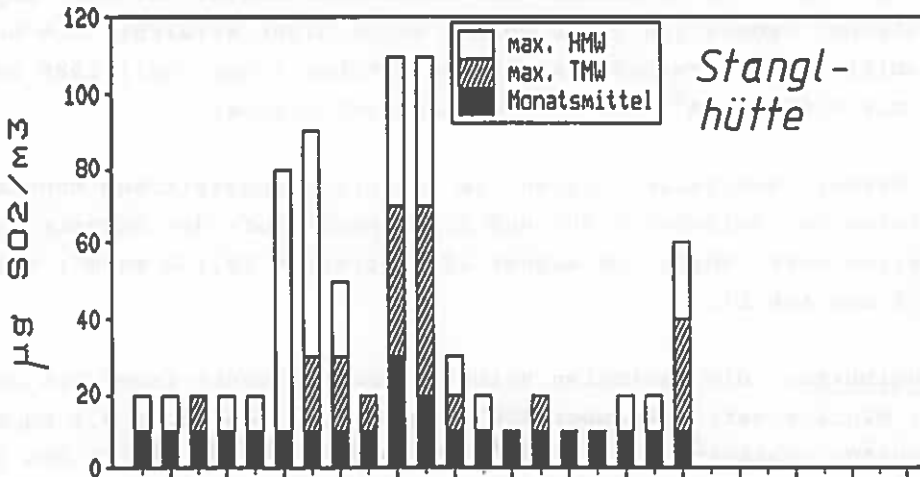
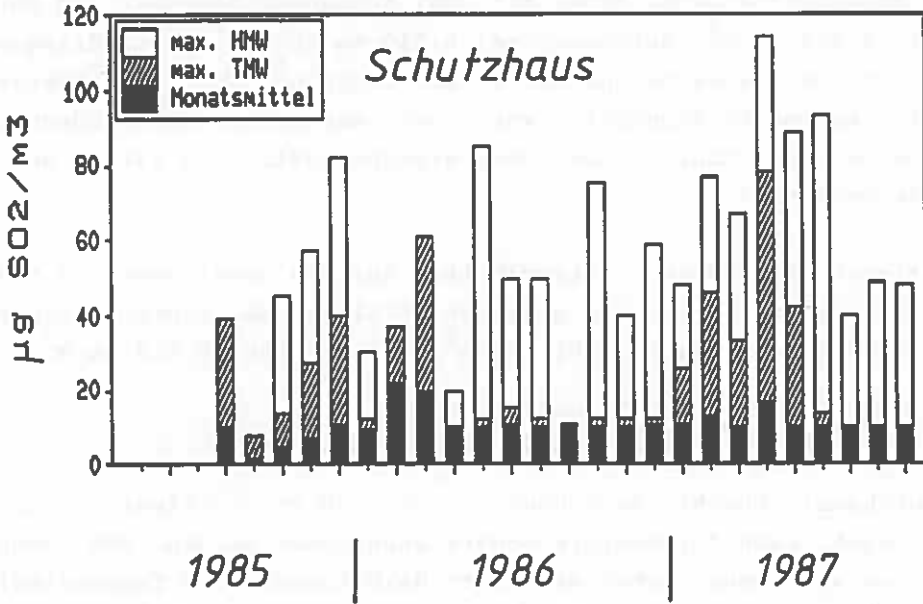
3.1 Registrierende Luftschadstoffmessungen

3.1.1 Schwefeldioxid

Schutzhaus: In drei Untersuchungsmonaten der Vegetationsperioden (Mai und September 1986 und Mai 1987) überschritten die maximalen Halbstundenmittel die 0,07 mg/m³-Grenze, nicht jedoch den 97,5-Perzentil-Grenzwert der 2. Verordnung gegen forstschädliche Luftverunreinigungen (max. Halbstundenmittel: 0,114 mg/m³ im März 1986). Die Tagesmittelgrenzwerte wurden ebenfalls nicht überschritten. Der höchste Tagesmittelwert betrug 0,078 mg/m³. Die Monatsmittelwerte erreichten im Februar 1986 einen Maximalwert von 0,022 mg/m³ (vgl. Abb.1 und Anh.1).

Abb.1: SO₂-Konzentrationen

Jahresgang der Monatsmittelwerte (MMW) sowie maximale Tagesmittelwerte (max. TMW) und maximale Halbstundenmittelwerte (max. HMW) an den Stationen Schutzhaus und Stanglhütte



Stanglhütte: Die SO_2 -Grenzwerte wurden im Untersuchungszeitraum nicht überschritten; der Halbstundenmittelwert von $0,070 \text{ mg/m}^3$ wurde zwar einmal (am 2.10.1985) überschritten, nicht jedoch das 97,5-Perzentil innerhalb dieses Monats. Die höchsten Halbstundenmittelwerte traten im Februar 1986 ($0,100 \text{ mg/m}^3$) und März 1986 ($0,110 \text{ mg SO}_2/\text{m}^3$) auf. Der höchste Tagesmittelwert betrug zweimal (ebenfalls in diesen beiden Monaten) $0,070 \text{ mg SO}_2/\text{m}^3$. Die Monatsmittelwerte lagen mit zwei Ausnahmen (Februar und März 1986: $0,070 \text{ mg/m}^3$) durchwegs bei $0,010 \text{ mg SO}_2/\text{m}^3$. Den Jahresgang der Monatsmittelwerte und die in den einzelnen Monaten aufgetretenen maximalen Tagesmittelwerte bzw. maximalen Halbstundenmittelwerte zeigt Abb.1 (eine tabellarische Auflistung ist in Anh.1 wiedergegeben).

Vergleich Schutzhaus – Stanglhütte: Aus den gemeinsamen 17 Meßmonaten wurden fast die gleichen mittleren SO_2 -Konzentrationen errechnet: Schutzhaus: $0,011 \text{ mg/m}^3$, Stanglhütte: $0,012 \text{ mg/m}^3$.

3.1.2 Ozon

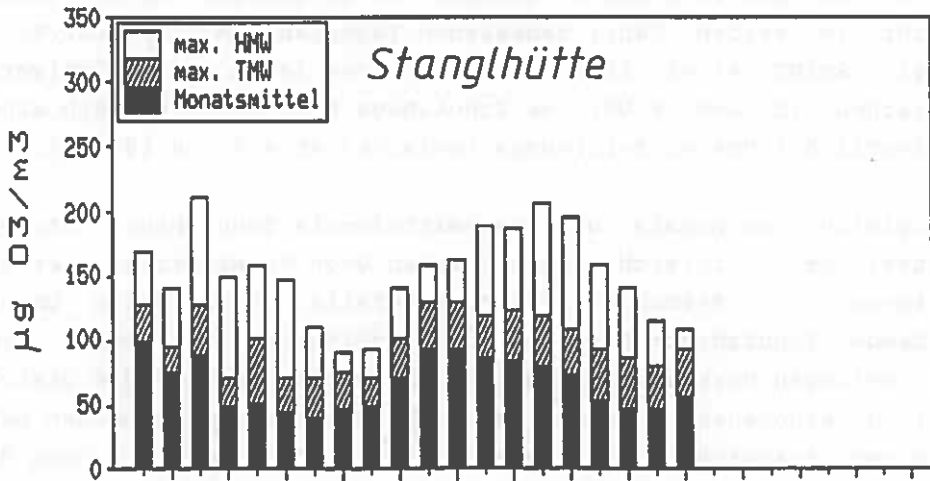
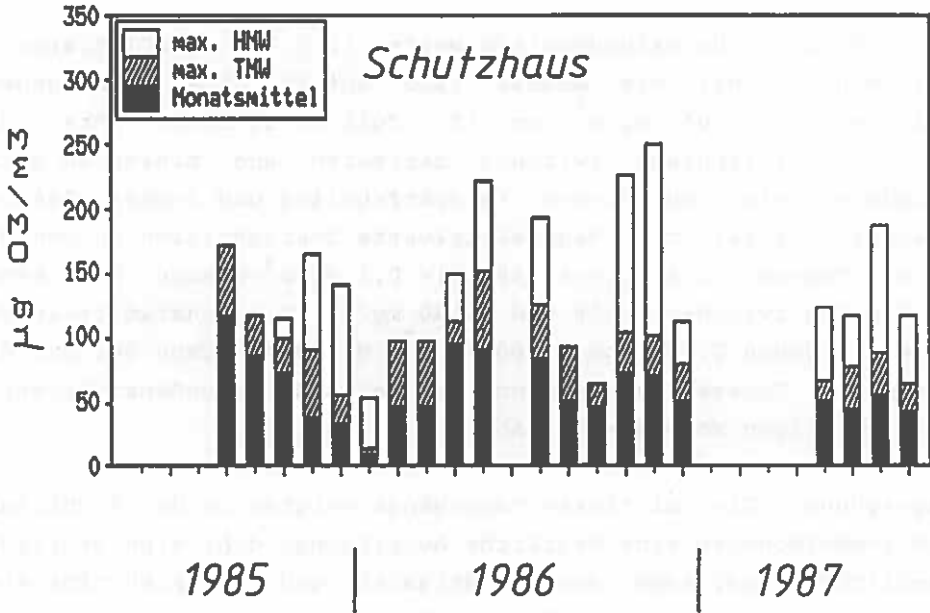
Schutzhaus: Obwohl Berechnungen des 98-Perzentilwertes nicht vorliegen, kann für mehrere Monate angenommen werden, daß (wegen der entsprechend hohen maximalen Halbstunden- und Tagesmittelwerte) der Schweizerische Grenzwert nicht eingehalten werden konnte. Der VDI-Höchstwert für Halbstundenmittel für sehr empfindliche Vegetation ($0,30 \text{ mg/m}^3$) wurde nicht erreicht. Die Monatsmittelwerte zwischen April und Oktober (ohne Juni) 1986 lagen mit $0,074 \text{ mg/m}^3$ über dem WHO-Langzeit-Leitwert.

An dieser Meßstelle traten im Untersuchungszeitraum Monatsmittelwerte zwischen $0,009$ und $0,117 \text{ mg/m}^3$ auf; der höchste Tagesmittelwert wurde im August 1985 erreicht ($0,172 \text{ mg/m}^3$; vgl. Abb.2 und Anh.2).

Stanglhütte: Die maximalen Halbstundenmittelwerte lagen bis auf zwei Wintermonate (Dezember 1985 und Jänner 1986) über $0,1 \text{ mg/m}^3$ (höchstes Halbstundenmittel: $0,206 \text{ mg/m}^3$). Auf der Basis des im Vergleich zur Schweizerischen Luftreinhalteverordnung geringfü-

Abb.2: Ozonkonzentrationen

Jahresgang der Monatsmittelwerte (MMW) sowie maximale Tagesmittelwerte (max. TMW) und maximale Halbstundenmittelwerte (max. HMW) an den Stationen Schutzhaus und Stanglhütte



gig strengeren 97,5-Perzentiles würden sich für die Monate Oktober 1985 und Februar bis Dezember 1986 Überschreitungen des Schweizerischen HMW-Grenzwertes ergeben. Der VDI-Höchstwert für Halbstundenmittelwerte für "sehr empfindliche" Vegetation ($0,30 \text{ mg/m}^3$) wurde nicht erreicht. Der WMO-Leitwert für die Vegetationsperiode ($0,06 \text{ mg/m}^3$) wurde 1986 überschritten (Mittelwert April bis Oktober: $0,074 \text{ mg/m}^3$).

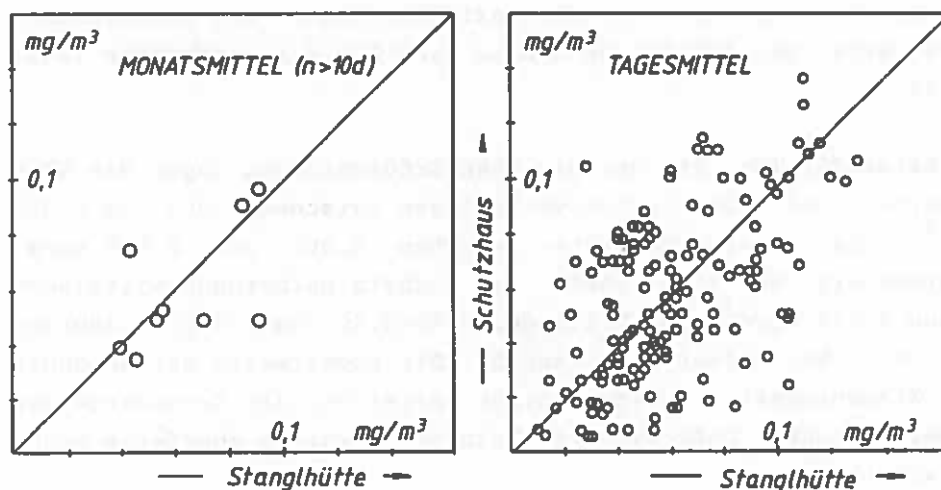
Die höchsten Halbstundenmittelwerte ($> 0,180 \text{ mg/m}^3$) traten in den Monaten Mai bis August 1986 auf (höchster Halbstundenmittelwert: $0,206 \text{ mg/m}^3$ am 18. Juli/10.30-11.00 Uhr). Die größten Unterschiede zwischen maximalen und minimalen Halbstundenmittelwerten wurden im Spätfrühling und Sommer 1986 beobachtet. Sogar die Tagesmittelwerte überschritten in den Monaten Februar bis August 1986 die $0,1 \text{ mg/m}^3$ -Grenze, ihre Bandbreite lag zwischen $0,008$ und $0,130 \text{ mg/m}^3$. Die Monatsmittelwerte lagen zwischen $0,040$ und $0,100 \text{ mg/m}^3$. Den Jahresgang der und die maximalen Tagesmittelwerte und maximalen Halbstundenmittelwerte der jeweiligen Monate zeigt Abb.2 (vgl. Anh.2).

Tagesgänge: Die mittleren Tagesgänge zeigten in den Frühlings- und Sommermonaten eine deutliche Ausprägung, d.h. eine deutliche "Amplitude" zwischen den niedrigsten und höchsten mittleren Halbstundenmittelwerten. Der mittlere Tagesgang unterscheidet sich von dem in gleicher Seehöhe und im gleichen Monat (jedoch nicht im selben Jahr) gemessenen Tagesgang im Zillertal/Tirol (vgl. SMIDT et al. 1988): bei letzterem lagen die Maximalwerte zwischen 15 und 16 Uhr, am Schutzhaus hingegen innerhalb eines wesentlich längeren Zeitraumes (zwischen etwa 8 und 18 Uhr).

Vergleich der Monats- und Tagesmittelwerte Schutzhaus - Stanglhütte: Der Vergleich des mittleren Ozon-Monatsmittels der gemeinsamen 16 Meßmonate zeigt ebenfalls geringfügige Unterschiede: Schutzhaus: $0,063 \text{ mg/m}^3$, Stanglhütte: $0,061 \text{ mg/m}^3$. Einen weiteren Vergleich zeigen zwei Diagramme, welche die gleichzeitig erhobenen Monats- bzw. Tagesmittelwerte an beiden Meßstellen Stanglhütte wiedergeben (Abb.3). Die große Streuung der Tagesmittel weist zahlreiche Differenzen aus, die sich um mehr

als 100% unterscheiden. Bei der tageweisen Betrachtung fiel ferner auf, daß besonders in den Monaten November 1985, Dezember 1985 und März 1986 an der tiefergelegenen Meßstelle die höheren Werte gemessen wurden, während dies im Oktober 1985 umgekehrt war. In den übrigen Monaten wurden derartige Unterschiede nicht beobachtet.

Abb.3: Vergleich der Ozon-Monats- und Tagesmittelwerte der Meßstellen Schutzhaus und Stanglhütte



3.1.3 Stickstoffoxide

Schutzhaus

Stickstoffmonoxid: Die NO-Monatsmittelwerte waren gering und lagen zwischen 0,001 und 0,011 mg/m^3 , der maximale Tagesmittelwert betrug 0,040 mg/m^3 (am 25.11.1985); auffallend hoch waren aber die maximalen Halbstundenmittelwerte in den Monaten 11/1985 und 1-3/1987 (der höchste Halbstundenmittelwert erreichte im Januar 1987 0,211 mg/m^3 ; vgl. Abb.4 und Anh.3).

Stickstoffdioxid: Überschreitungen der Grenzwerte der Österreichischen Akademie der Wissenschaften und der Luftreinhalteverordnung wurden nicht festgestellt (Monatsmittelwerte 0,004

bis 0,012, maximaler Tagesmittelwert 0,029 (am 23.12.1985), maximaler Halbstundenmittelwert 0,180 mg/m³ (23.12.1985 um 18.28 Uhr; vgl. Abb.5 und Anh.4).

Stanglhütte

Stickstoffmonoxid: Die Monatsmittelwerte lagen zwischen 0,002 und 0,014 mg/m³, die Tagesmittelwerte zwischen 0,001 und 0,030 mg/m³. Die Halbstundenmittelwerte erreichten einen Maximalwert von 0,095 mg/m³ am 3.1.1986 (9.00 bis 9.30 Uhr). Der Jahresgang der Monatsmittelwerte und die maximalen Tages- und Halbstundenmittelwerte der jeweiligen Monate sind Abb.4 zu entnehmen (vgl. Anh.3).

Stickstoffdioxid: In der gleichen Größenordnung lagen die NO₂-Meßwerte: Die Monatsmittelwerte lagen zwischen 0,004 und 0,021 mg/m³, die Tagesmittelwerte zwischen 0,002 und 0,039 mg/m³ (Maximalwert am 25.11.1985), der höchste Halbstundenmittelwert betrug 0,132 mg/m³ (am 19.1.1986, 9.00-9.30; vgl. Anh.4; Jahresgang mit Maximalwerten s. Abb.5). Die Höchstwerte der Akademie der Wissenschaften wurden nicht erreicht, die Grenzwerte der Schweizerischen Luftreinhalte-Verordnung wurden ebenfalls nicht überschritten.

Vergleich der Stickstoffoxidgekonzentrationen beider Meßstellen:

Die mittleren Monatsmittelwerte der NO- und NO₂-Konzentrationen differierten in den gemeinsamen 16 Meßmonaten an beiden Meßstellen um nur je 1 µg/m³:

	Mittlerer Monatsmittelwert (mg/m ³)	
	NO	NO ₂
Schutzhaus	0,004	0,008
Stanglhütte	0,005	0,009

Abb.4: NO-Konzentrationen

Jahresgang der Monatsmittelwerte (MMW) sowie maximale Tagesmittelwerte (max. TMW) und maximale Halbstundenmittelwerte (max. HMW) an den Stationen Stanglhütte und Schutzhaus

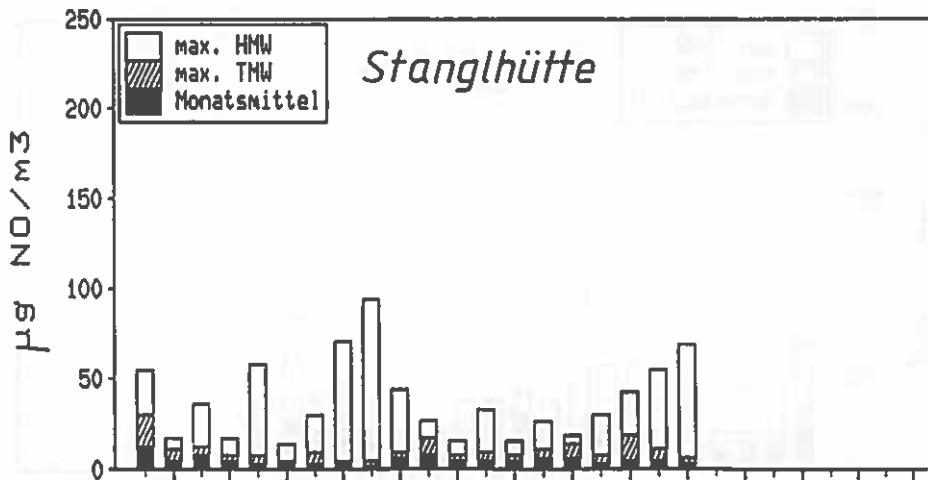
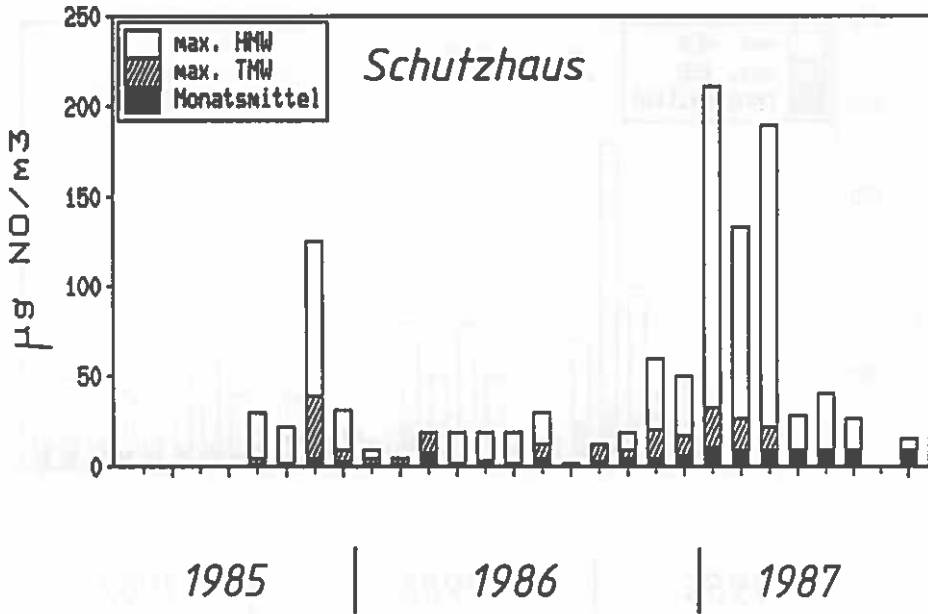
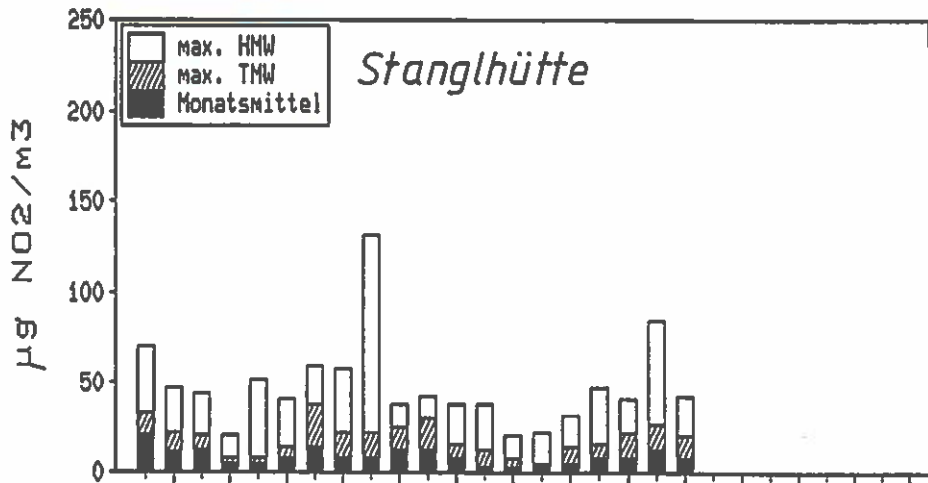
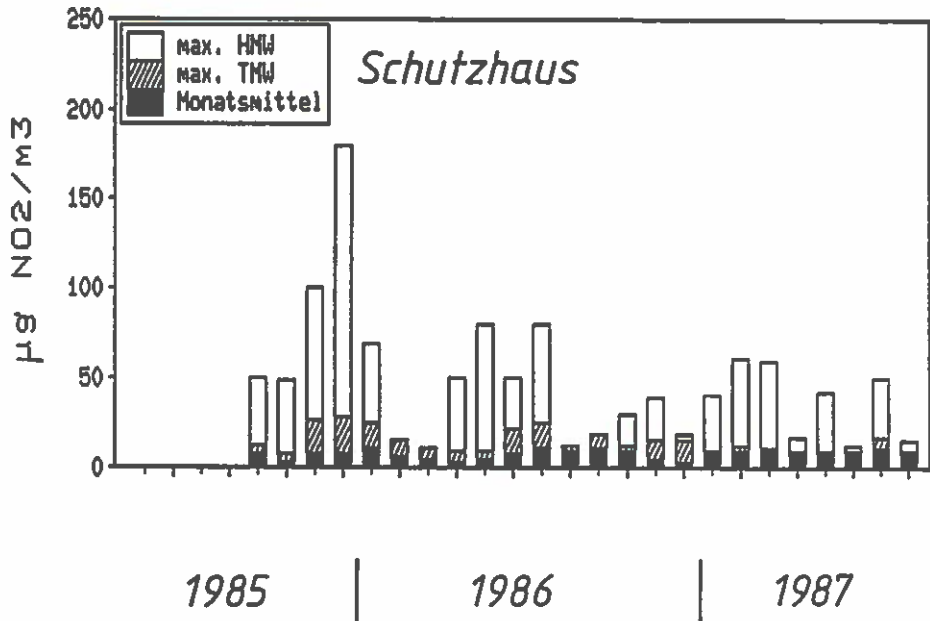


Abb.5: NO₂-Konzentrationen

Jahresgang der Monatsmittelwerte (MMW) sowie maximale Tagesmittelwerte (max. TMW) und maximale Halbstundenmittelwerte (max. HMW) an den Stationen Stanglhütte und Schutzhaus



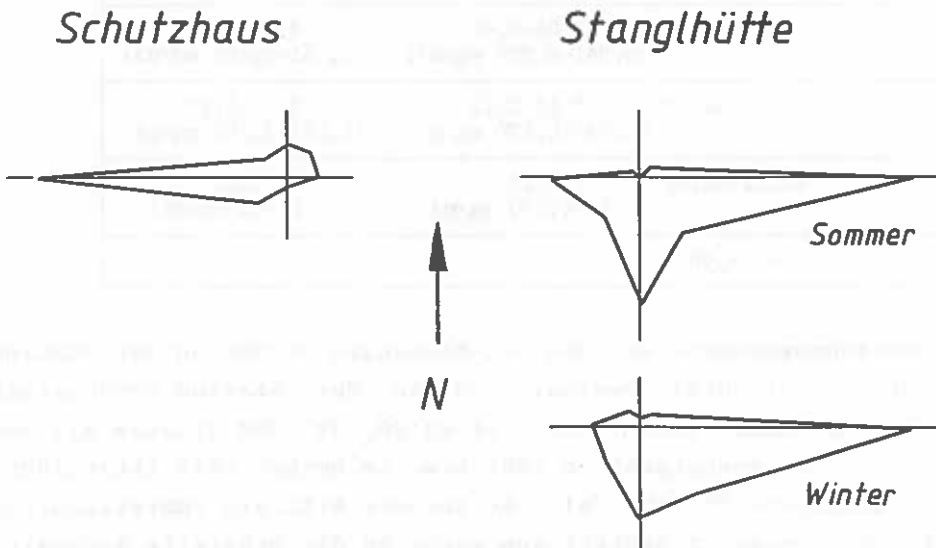
3.2 Windmessungen

Schutzhaus: Im Beobachtungszeitraum (1987) herrschten deutlich Westwinde vor Nordost- und Ostwinden vor (Abb.6). Die mittleren Windgeschwindigkeiten lagen unter 6 m/sec und waren bei den Südostwinden im Winter am höchsten. Die maximalen Windgeschwindigkeiten (über 20 m/sec.) kamen ebenfalls bei den Südostwinden vor.

Stanglhütte: Eine andere Charakteristik weist die Windverteilung an der Stanglhütte auf: Die Häufigkeitsverteilung ergab ein Vorherrschen von Ostwinden mit Geschwindigkeiten bis 5 km/h. Diese Winde machen rund 32% aller beobachteten Werte aus. Die zweithäufigste Windrichtung ist Süd (17%). Hohe Windgeschwindigkeiten traten vor allem bei West- und Südwestwinden auf. Die relative Häufigkeit der Süd- und Westwinde ist im Sommer höher als im Winter.

Abb.6: Windmessungen

links: Schutzhaus (1987)
rechts: Stanglhütte (21.6.1985-30.4.1987)



3.3 Messungen mit integrierenden Meßkerzen

Bei den O_3 - und NO_x -Kerzen stellte sich eine gute Beziehung zwischen den Ergebnissen der integrierenden Methode mit denen registrierender Messungen heraus (Korrelationskoeffizienten $\geq 0,99$ bei 28-Tagesperioden). Die Ergebnisse der SO_2 -, O_3 - und NO_x -Kerzenanalysen wurden in Klassen eingeteilt, die in der folgenden Tabelle zusammen mit einer Klassifizierung für Bleikerzen (gemäß dem Amt der OÖ. Landesregierung) angeführt sind. Den O_3 - und NO_x -Kerzenwerten werden hiebei die entsprechenden Konzentrationsbereiche aus registrierenden Messungen gegenübergestellt (Tab.2). Bei den SO_2 -Kerzenwerten sind ab Klasse 5 ($> 14 \text{ mg } SO_3/dm^2.28d$), bei den Ozonwerten ab Klasse 3 bzw. 4 und bei den NO_x -Werten ab Klasse 4 negative Beeinflussungen der forstlichen Vegetation möglich. Ergebnisse einzelner Perioden siehe Anh.5.

Tab.2: Klassen der Kerzenanalysendaten

Klasse	SO_3 mg $SO_3/dm^2.28d$	O_3 Extinktion	NO_x mg Nitrosamin
1	$\leq 5,60$	$\leq 0,05$ ($\leq 0,040 \text{ mg/m}^3$)	$\leq 0,30$ ($\leq 0,050 \text{ mg/m}^3$)
2	5,61-8,40	0,06-0,09 (0,041-0,080 mg/m^3)	0,31-0,70 (0,051-0,100 mg/m^3)
3	8,41-11,20	0,10-0,12 (0,081-0,100 mg/m^3)	0,71-1,20 (0,101-0,150 mg/m^3)
4	11,21-14,00	$> 0,12$ ($> 0,100 \text{ mg/m}^3$)	$> 1,20$ ($> 0,150 \text{ mg/m}^3$)
5	$> 14,00$	-	-

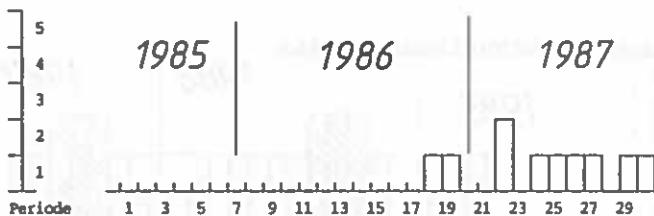
SO_2 -Kerzenmessungen: Bei den SO_2 -Messungen wurden an der Station Stanglhütte (1000m) zweimal und an der Station Rothmairalm (1450m) dreimal Werte über $14 \text{ mg } SO_3/dm^2.28d$ (Klasse 5), und zwar in den Herbstmonaten 1985 bzw. im Herbst 1986 (Stanglhütte), festgestellt (Abb.7a). Die höchste mittlere Immissionsrate über den gesamten Meßzeitraum wurde an der Meßstelle Rothmairalm, die niedrigste auf der Schutzhütte ermittelt.

Abb.7a: Ergebnisse der Bleikerzenmessungen

schraffierte Balken: Immissionsraten im Bereich möglicher Schädigungen

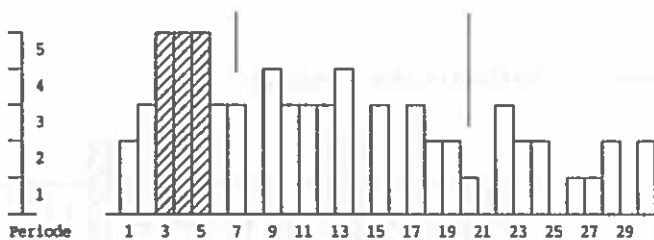
Klasse

Schutzhaus (1586m)



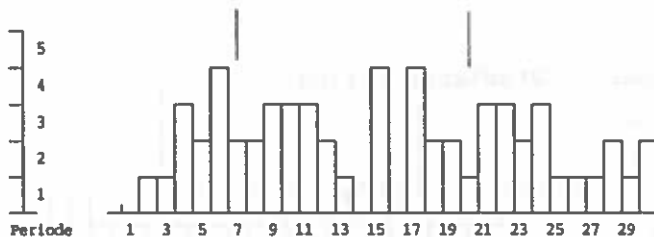
Klasse

Rothmairalm (1450m)



Klasse

Stadlmoar (1170m)



Klasse

Stanglhütte (1000m)

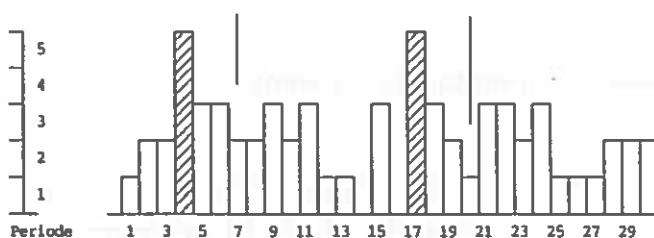


Abb.7b: Ergebnisse der integrierenden Ozonmessungen

schraffierte Balken: Immissionsraten im Bereich möglicher Schädigungen

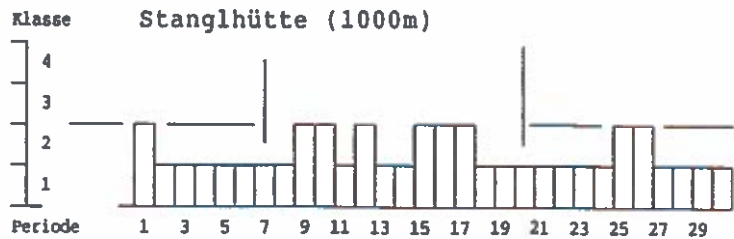
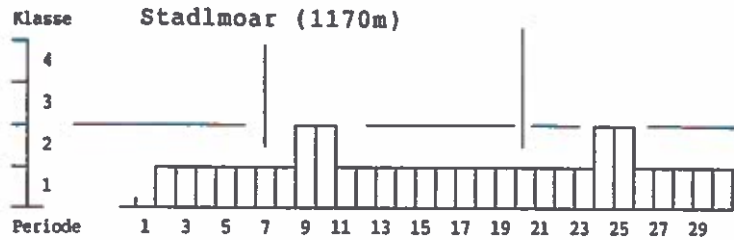
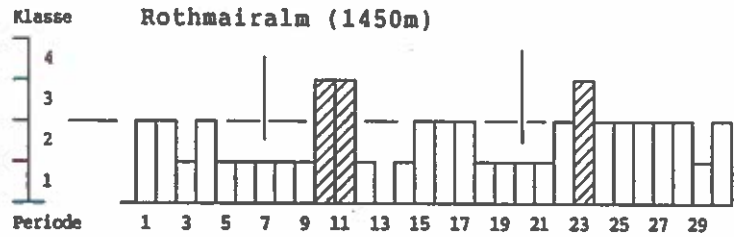
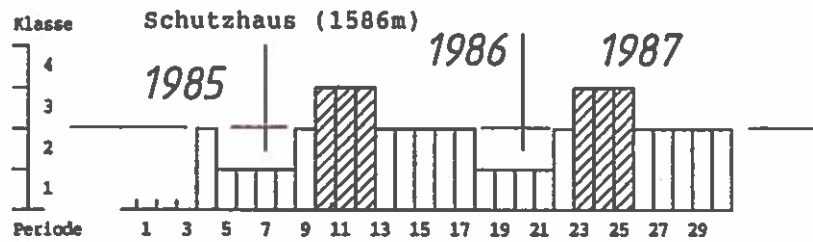
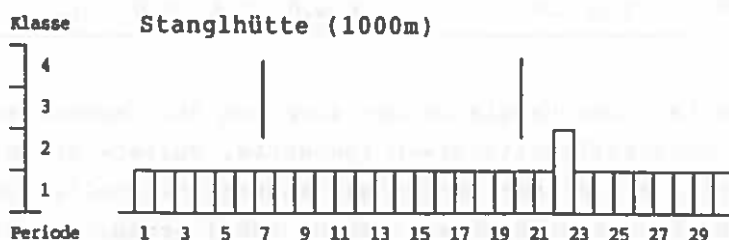
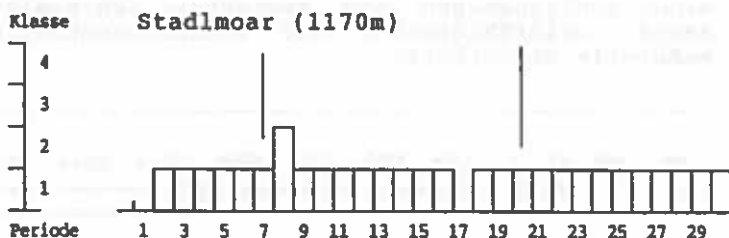
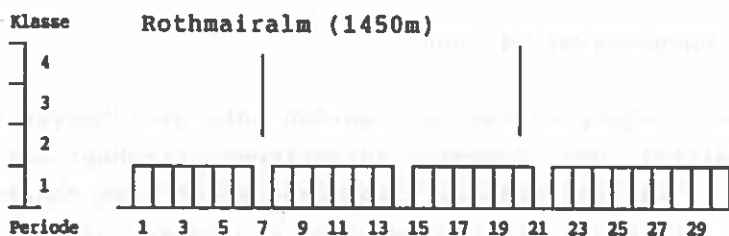
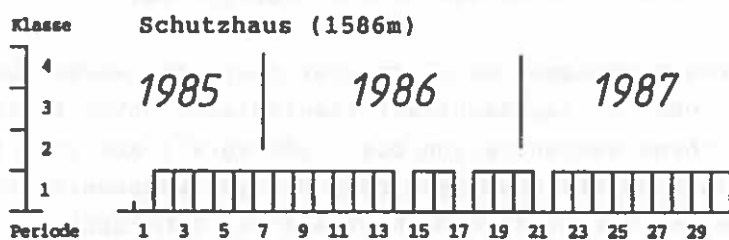


Abb.7c: Ergebnisse der integrierenden NO_x-Messungen



Ozonkerzenmessungen: Werte der Klasse 3 (Extinktionen über 0,09 bzw. daraus abgeleitete Konzentrationen über 0,08 mg/m³) kamen nur an den beiden Bergstationen (Rothmairalm, 1450m und Schutzhäus, 1586m), und zwar in den Monaten März–Mai 1986 und März–Mai/1987, vor (Abb.7b). Oberhalb der Station Stanglhütte nahm die mittlere Ozon-Immissionsrate deutlich zu.

NOx-Kerzenmessungen: An allen vier Stationen waren nur die Klassen 1 und 2 repräsentiert (Maximalwert unter Extinktion 0,70 entsprechend Konzentration bis 0,100 mg/m³; Abb.7c). Die mittlere Immissionsrate nahm nach oben hin ab; besonders stark war die Abnahme von der Station Rothmairalm zur Schutzhütte.

3.4 Niederschlagsmessungen (Nasse Depositionen)

3.4.1 Ionenkonzentrationen

Aus den Tagesprobenwerten wurden die gewichteten Monats- und Jahresmittel der Ionenkonzentrationen errechnet und die Ergebnisse der mit der Niederschlagshöhe gewichteten Monatsmittelwerte der pH-Werte, Leitfähigkeiten und Ionenkonzentrationen wiedergegeben (Anh.6).

Tab.3: Niederschlagsmengen und gewichtete Jahresmittel der pH-Werte, Leitfähigkeiten und Ionenkonzentrationen an der Meßstelle Stanglhütte

Jahr	mm	pH	El.LF µS/cm	SO4=	NO3-	Cl-	NH4+	Ca++	Mg++	Na+	K+
							mg/l				
1986	631	4,69	18,7	2,8	1,8	0,2	0,4	0,6	0,2	0,2	0,1
1987	840	4,56	17,9	3,0	1,3	0,9	0,4	0,5	0,2	1,1	0,4
1986/87		4,61	18,3	2,9	1,5	0,6	0,4	0,6	0,2	0,7	0,3

Tageswerte: Der Vergleich der sich aus den Tageswerten ergebenden Summenhäufigkeitskurven (pH-Werte, Sulfat- und Nitratgehalte, vgl. Abb.8) mit denjenigen anderer Meßstellen der Forstlichen Bundesversuchsanstalt (SMIDT 1988) ergab, daß die pH-Werte

Abb.8: Summenhäufigkeitskurven von pH-Werten, Sulfat- und Nitratgehalten im Vergleich zu anderen Bulk-Freilandmeßstellen der Forstlichen Bundesversuchsanstalt

(Punktierte Linien: Meßstelle Stanglhütte; linke Begrenzung: Minimumkurve, rechte Begrenzung: Maximumkurve)

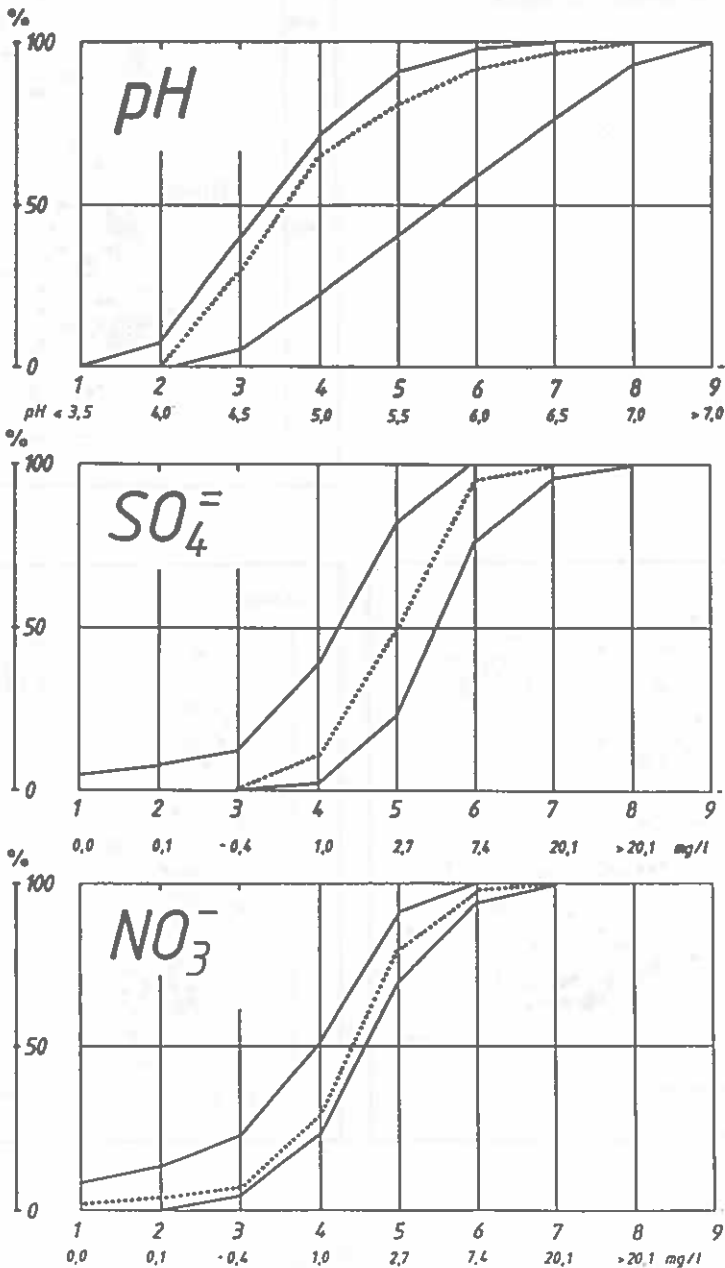
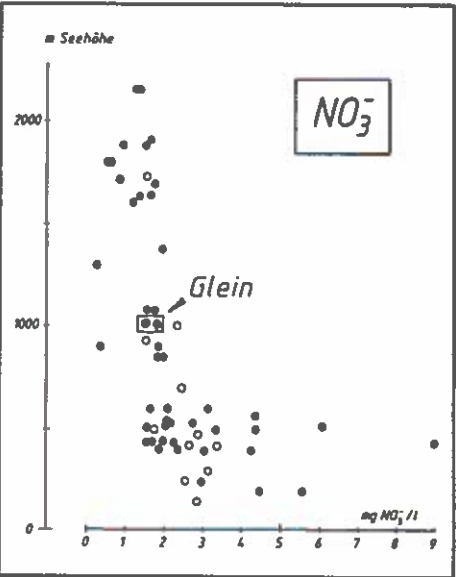
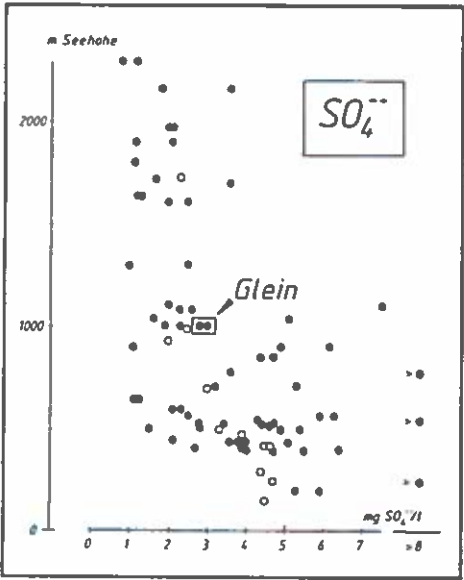
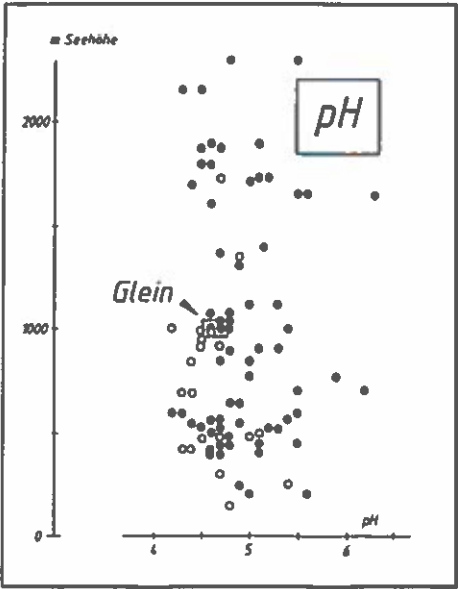


Abb.9: Gewichtete Jahres-pH-Werte und Jahreswerte von Sulfat- und Nitratgehalten an österreichischen Freilandmeßstellen

● Bulk-Sammler
○ WADOS-Sammler



der Einzelereignisse relativ niedrig liegen: rund 80% der Werte sind kleiner als 5,5 (dieser Wert entspricht etwa dem natürlichen pH-Wert). Die Sulfat-, Nitrat- und Calciumgehalte liegen im Vergleich zu sieben Meßstellen der FBVA (Höhenprofil Koralpe und Höhenprofil Zillertal) etwa im Mittelfeld, die Ammoniumgehalte hingegen im unteren Bereich.

Monatswerte: Die höchsten Konzentrationen traten beim Sulfat (0,8 bis 9,6 mg SO_4/l) und Nitrat (0,6 bis 11,1 mg NO_3/l) auf. pH-Werte lagen zwischen 4,29 und 6,35, Leitfähigkeiten zwischen 8,1 und 80,9 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

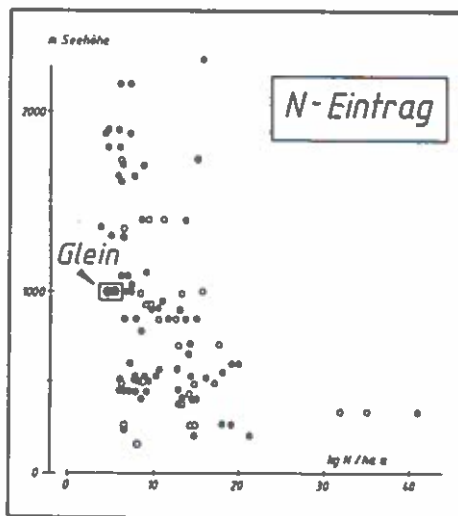
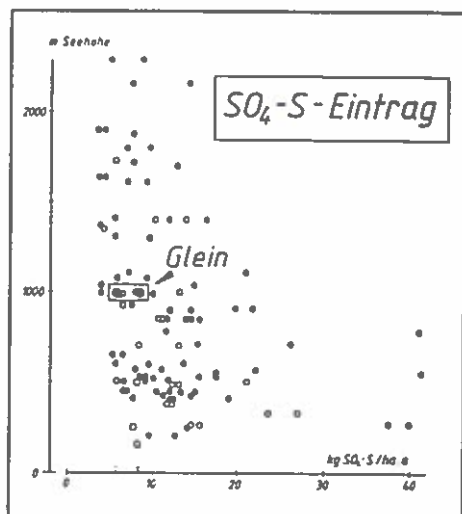
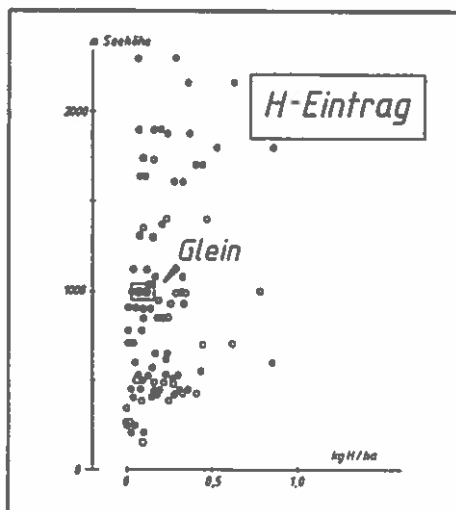
Jahreswerte: Die Jahreswerte der Leitfähigkeiten lagen mit 18,7 (1986) bzw. 17,9 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (1987) Ionen etwas über dem "Background-level" von 15 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Mit Ausnahme von Sulfat (Jahresmittel 3,0 mg SO_4/l) und Nitrat (Jahresmittel 2,0 bzw. 1,3 mg NO_3/l) wiesen Ionengehalte Werte unter 1,0 mg Ion/l auf. Die Jahreswerte der pH-Werte, Sulfat- und Nitratgehalte wurden mit Ergebnissen aus dem österreichischen Bundesgebiet verglichen und in Abhängigkeit von der Seehöhe aufgetragen (SMIDT 1988, vgl. Abb.9); der Vergleich zeigt, daß an der Meßstelle Stanglhütte relativ niedrige pH-Werte sowie Sulfat- und Nitratwerte gefunden wurden.

3.4.2 Elementeinträge

Jahreseinträge: Die Jahressummen der Sulfatschwefel- und Gesamtstickstoffeinträge (Summe aus Nitrat- und Ammoniumstickstoff) sind in Tab.4 angeführt. Einen Vergleich mit Freilandeinträgen (Jahreswerten) anderer Freilandmeßstellen in Österreich gibt Abb.10 wieder. Die Jahreseinträge betrugen beim Wasserstoff 0,12 bzw. 0,23 kg H/ha, beim Sulfatschwefel 5,8 bzw. 8,3 kg/ha und beim Stickstoff 4,5 bzw. 5,1 kg/ha.

Abb.10: H-, $\text{SO}_4\text{-S}$ - und N-Jahreseinträge an österreichischen Freilandmeßstellen

- Bulk-Sammler
- WADOS-Sammler



Tab.4: Monats- und Jahressummen der Sulfatschwefel-, Nitratstickstoff- und Gesamtstickstoff (NO_3^- und $\text{NH}_4\text{-N}$)-Einträge an der Meßstelle Stanglhütte

Jahr	H-Eintrag (kg/ha)	S-Eintrag (kg/ha)	N-Eintrag (kg/ha)
1986	0,12	5,8	4,5
1987	0,23	8,3	5,1

4 Diskussion

Gasförmige Luftschadstoffe

Schwefeldioxid: Da SO_2 -Grenzwertüberschreitungen (2. Verordnung gegen forstschädliche Luftverunreinigungen) nicht vorkamen, kann eine forstlich relevante Belastung im Bereich der Meßstation durch SO_2 ausgeschlossen werden. Allerdings wurden an den Meßstationen Stanglhütte (1000m) und Rothmairalm (1450m) in insgesamt fünf 28-Tagesperioden im Herbst 1985 Bleikerzenwerte festgestellt, welche mit über $14 \text{ mg SO}_3/\text{dm}^3 \cdot 28\text{d}$ auf eine relativ hohe Belastung hinweisen. Ferner weisen zum Teil erhöhte Schwefelgehalte in Nadelproben des Untersuchungsgebietes auf SO_2 -Immissionseinwirkungen hin.

Stickstoffoxide: Unerheblich ist die Höhe der NO_x -Werte: Die NO_2 -Grenzwerte der Österreichischen Akademie der Wissenschaften und der Schweizerischen Luftreinhalte-Verordnung wurden auch nicht annähernd erreicht. Die geringe Belastung durch Stickstoffoxide konnte auch mit der integrierenden Kerzenmessung entlang des Höhenprofils bestätigt werden.

Ozon: Unter den im Bereich der Glein gemessenen Spurenstoffen ist am ehesten dem Ozon Bedeutung beizumessen: Konzentrationen, oberhalb welcher mit physiologischen Beeinflussungen in Pflanzen zu rechnen ist ($\geq 0,1 \text{ mg/m}^3$), traten an beiden Stationen in fast allen Meßmonaten auf.

Gemäß VDI-Richtlinie 2310 würden sich für "sehr empfindliche" Gehölzpflanzen (Europäische Lärche, Eberesche) im Sommerhalbjahr Gefährdungen ableiten lassen, da die $0,08\text{-mg/m}^3$ -Schwelle (8-Stundenwert) bereits vom Tages- und z.T. von Monatsmitteln überschritten wird. Eine Gefährdung der "empfindlichen" Gemeinen Kiefer ist in Anbetracht der Meßwerte für dieses Untersuchungsgebiet nicht ganz auszuschließen. Für die in der Glein bestandesbildende Baumart Fichte, welche (neben der Rotbuche und Gemeinen Birke) als "weniger empfindlich" eingestuft ist, ergibt sich keine Gefährdung durch hohe Kurzzeitkonzentrationen (der 8-Stundenhöchstwert von $0,30\text{ mg/m}^3$ wird nicht einmal von Halbstundenmitteln erreicht). Jüngsten Langzeit-Begasungsversuchen an Buchensämlingen zufolge (KLUMPP et al. 1988) ist für die in der VDI-Richtlinie als "weniger empfindlich" eingestuften Baumart bei kombinierten Behandlungen mit "realistischen" O_3 -, SO_2 - und NO_2 -Konzentrationen mit verschiedenen Schädigungen zu rechnen (Verringerung der Wurzelrockengewichte, Ausbildung sichtbarer Symptome und beschleunigter Laubfall); hierbei weist der Symptomkomplex Parallelen zu dem in geschädigten Waldbeständen anzutreffenden Schadbild auf.

Die in der BRD vorgeschlagenen Höchstwerte spiegeln die relativ geringe Phytotoxizität hoher Kurzzeitkonzentrationen wieder: Die in der VDI-Richtlinie 2310 (Entwurf, 1987) sowie die vom Rat von Sachverständigen für Umweltfragen festgelegten Halbstunden-Höchstwerte sind sehr hoch angesetzt und wurden nicht überschritten (eine Auswertung über die übrigen Kurzzeitmittel wurde nicht vorgenommen). Demgegenüber berücksichtigt der mit $0,06\text{ mg/m}^3$ sehr niedrige Leitwert der WHO die Bedeutung niedriger Ozonkonzentrationen bei Langzeiteinwirkungen während der Vegetationsmonate. Weder konnte der WHO-Leitwert für die Vegetationsperiode 1986 noch der Schweizerische HMW-Grenzwert für die meisten Untersuchungsmonate eingehalten werden. Hinsichtlich der Langzeitbelastung sind somit die Ozonkonzentrationen im Untersuchungsgebiet als potentieller Schädigungsfaktor einzustufen.

Umfangreiche Langzeitmessungen aus Österreich sowie der BRD und der Schweiz beweisen, daß auch in sogenannten Reinluftgebieten

(bzw. in Hochlagen) "natürliche" Ozonkonzentrationen auftreten, die u.U. weit über 0,06 bzw. 0,10 mg/m³ liegen (GLATTES u. SMIDT 1987), was die dauernde Einhaltung des Schweizerischen Grenzwertes bzw. des WMO-Höchstwertes in Hochlagen unmöglich macht. Die Ozonkerzenmessungen entlang des Höhenprofils bestätigen dies insofern, als in Seehöhen über 1000m in den Monaten März/Mai mit erhöhte Periodenmittel auftraten. Inwieweit Ozon als waldschädigende Komponente bereits in vorangegangenen Jahren zu (latenten) Beeinflussungen geführt haben könnte, kann aus europäischen Trends schwer abgeschätzt werden: Während eine Reihe von Autoren (ATTMANNSPACHER et al. 1984, WARMBT 1981, ANGELL u. KORSHOVER 1983, PRINZ et al. 1985) einen Trend der Ozonzunahme beschreiben, konnten Langzeitmessungen anderer europäischer Autoren (REITER et al. 1986) sowie Langzeitmessungen in Österreich (AMT DER OBERÖSTERREICHISCHEN LANDESREGIERUNG 1982-1987, STEINHAUSER 1959) keinen eindeutigen Trend aufzeigen. Global gesehen liegen ebenfalls divergierende Angaben zu Ozontrends vor (WMO 1983).

Im Zusammenhang mit der windrichtungsabhängigen Auswertung kann festgestellt werden, daß im Bereich der Gleinalpe Winde aus dem Westsektor vorherrschen, welche einen Antransport aus dem Bereich des Murtales (bei den relativ höchsten mittleren Windgeschwindigkeiten in den Sommermonaten und den zweithöchsten mittleren Windgeschwindigkeiten in den Wintermonaten) bedingen. Die Südwestrichtung sowie die übrigen Windrichtungen sind hingegen (mit rund 10% und darunter) relativ wenig vertreten.

An der Station Stanglhütte sind die Westwinde mit nur mit 14% repräsentiert; 43% kommen aus dem östlichen Sektor, die Südostrichtung (Köflacher Becken) ist mit 12% ebenfalls wenig repräsentiert. Die (an sich geringe) Luftbelastung resultiert an dieser Station daher nur zum Teil aus dem Beitrag des Aichfeldes und des Murtales.

Nasse Depositionen

Ionenkonzentrationen: Auf Grund bisheriger Messungen mit Bulk-Sammlern wurde im Rahmen einer früheren Publikation (SMIDT 1984

und 1986) eine Klassifizierung der pH-Werte, Leitfähigkeiten und Ionengehalte vorgenommen:

pH-Werte:		Leitfähigkeiten ($\mu\text{S}/\text{cm}$):	
> 7,11	stark erhöht	≤ 15	unbedeutend
6,51 - 7,10	deutlich erhöht	15,1 - 30,0	schwach erhöht
6,11 - 6,50	schwach erhöht	30,1 - 45,0	deutlich erhöht
5,11 - 6,10	normal	45,1 - 60,0	stark erhöht
4,61 - 5,10	schwach abgesenkt	> 60	sehr stark erhöht
4,11 - 4,60	deutlich abgesenkt		
< 4,11	stark abgesenkt		

Nach dieser Klassifizierung kann die Meßstelle gemäß den Ergebnissen des Jahres 1986 als "gering beeinflusste" Meßstelle bezeichnet werden: Die Jahres-pH-Mittel betrugen 4,7 (1986) bzw. 4,6 (1987) und sind somit als "schwach abgesenkt" einzustufen. Die mittleren Leitfähigkeiten ($18,7 \mu\text{S}/\text{cm}/1986$ bzw. $17,9 \mu\text{S}/\text{cm}/1987$) können als "schwach erhöht" gelten. Dementsprechend waren die Ionengehalte "niedrig" bis "erhöht", wobei das Sulfat im Mittel die höchste Konzentration aufwies, gefolgt vom Nitrat. Vergleicht man die Ergebnisse der Jahresberechnung mit Jahreswerten anderer Freiland-Bulk-Meßstellen in Österreich, so zeigt sich ebenfalls, daß die gewichteten Sulfat- und Nitratkonzentrationen als gering zu bezeichnen sind (SMIDT 1988, vgl. Abb.9).

Hinsichtlich der Ionenkonzentrationen von Wasserstoff-, Sulfat- und Nitrat ist nach Arbeiten aus der Bundesrepublik Deutschland von EVERS (1985), BLOCK und BARTELS (1983), ULRICH et al. (1979) und MAYER und ULRICH (1974 und 1978) in Fichtenbeständen gegenüber dem Freiland mit Anreicherungsfaktoren bis über 5 beim Wasserstoff, bis über 7 beim Sulfatschwefel und unter 2 beim Stickstoff zu rechnen.

Im Raum Judenburg wurden von KÜHNERT (1987) für Sulfat- und Nitratkonzentrationen folgende Anreicherungsfaktoren unter Fichte ermittelt:

Meßstelle	Anreicherungs-faktoren	
	SO ₄	NO ₃
	(mg Ion/l)	
Judenburg 1 (1320m)	3,5	2,5
Judenburg 2 (900m)	3,1	2,7

Auch die Protonen-, Sulfatschwefel- und Stickstoffeinträge bei- der Untersuchungs-jahre können als relativ gering bzw. sehr gering bezeichnet werden (SMIDT 1988, vgl. Abb.10); eine Klas- sifikation aufgrund der in Österreich erhobenen Jahres-Freiland- einträge gibt folgende Tabelle:

H-Einträge:	bis 0,25 kg/ha.a 0,26-0,50 kg/ha.a > 0,50 kg/ha.a	gering mittelhoch hoch
SO ₄ -S-Einträge:	bis 10 kg/ha.a 11-20 kg/ha.a > 20 kg/ha.a	gering mittelhoch hoch
Gesamt-N-Einträge:	bis 10 kg/ha.a 11-20 kg/ha.a > 20 kg/ha.a	gering mittelhoch hoch

Die Anreicherung der Elementeinträge unter dem Kronendach der Fichte ist auf Grund von Messungen aus der Bundesrepublik Deutschland durch Anreicherungs-faktoren bis über 5 auch bei den H-, S- und N-Einträgen charakterisiert; hinsichtlich der Proto- neneinträge wurde jedoch auch eine Verminderung des H-Eintrages unter dem Kronendach beobachtet. Nach KÜHNERT (1987) wurden für Judenburg und nach KATZENSTEINER (1987) für Schöneben (Ober- österreich) folgende Anreicherungs-faktoren ermittelt:

Meßstelle	Anreicherungs-faktoren		
	H-Eintrag	S-Eintrag	N-Eintrag
Judenburg 1 (1320m)	2,8	1,7	1,2
Judenburg 2 (900m)	1,9	2,1	1,9
Schöneben (850m)	2,8	2,3	1,3

Rechnet man nun mit einer Verdoppelung des Schwefel- und Stickstoffeintrages unter dem Kronendach, so ergäben sich für 1986/87 mittlere Quantitäten 14 kg S/ha.a und 10 kg N/ha.a im Waldbestand; hinsichtlich des Schwefels und des Stickstoffes können diese Einträge nach der oben angegebenen Klassifizierung als mittelhoch beim Schwefel bzw. gering beim Stickstoff bezeichnet werden.

Gesamtbeurteilung: Bei den Schadstoffkonzentrationen in der Luft kommt das Ozon als Leitkomponente der photochemischen Oxidantien in erster Linie als (Ko-)Faktor der beobachteten Schädigungen in Betracht, während SO₂- und Stickstoffoxide in so geringer Konzentration auftraten, daß direkte Wirkungen der Einzelkomponenten auszuschließen sind. Die gemessenen Ozonkonzentrationen wären aber keineswegs in der Lage, die vorliegenden Forstschäden auszulösen oder allein zu verursachen. Allerdings können beim gleichzeitigen Auftreten mehrerer Schadstoffe bzw. Schadeinflüsse synergistische Effekte auftreten, die u.U. zu Beeinträchtigung physiologischer Prozesse oder sogar zu meßbaren Veränderungen führen. Die durch nasse Deposition abgesetzten Freilanddepositionen scheiden ebenfalls als direkte Verursacher aus.

5 Zusammenfassung

Die den Auswertungen zugrundeliegenden Luftanalysen (registrierende SO₂-, O₃- und NO_x-Messungen, integrierende SO₂-, O₃- und NO_x-Kerzenmessungen) und Niederschlagsanalysen zeigen, daß im Gleinalmgebiet im Untersuchungszeitraum (1985 bzw. 1986 bis 1987) als Belastungsfaktor am ehesten Ozon als Leitkomponente photochemischer Luftverunreinigungen anzusehen ist: es trat in den Frühjahrs- und Sommermonaten in Konzentrationen auf, die gemäß VDI-Richtlinie 2310 für "sehr empfindliche" Pflanzen (Europäische Lärche, Eberesche) gefährdend wirken können. Schwefeldioxid, Stickstoffoxide und nasse Freilanddepositionen scheiden als Alleinverursacher der beobachteten Schäden aus, da vergleichsweise geringe Schadstoffkonzentrationen bzw. -einträge ermittelt wurden. Allerdings sind Kombinationswirkungen ver-

schiedener Schadstoffe oder anderer Stressoren nicht ganz auszuschließen.

6 Literatur

AMT DER OBERÖSTERREICHISCHEN LANDESREGIERUNG (1982 bis 1987):
Luftgüteüberwachung, Monatsberichte.

ANGELL J.K., J. KORSHOVER (1983): Global variation in total
ozone and layer-mean ozone: an update through 1981.- J.
Climatol. and Appl. Meteor. 22, 1611-1627.

ATTMANNSPACHER W., R. HARTMANNSGRUBER, P. LANG (1984): Lang-
zeittendenzen des Ozons der Atmosphäre aufgrund der 1967 be-
gonnenen Ozonmeßreihen am Meteorologischen Observatorium Ho-
henpeissenberg.- Meteorol. Rundschau 37, 193-199.

BLOCK J., U. BARTELS (1983): Hohe Konzentrationen von Luft-
verunreinigungen in den Waldniederschlägen.- Mitteilungen
der LÖLF 8, Heft 4, 19-34.

DER RAT VON SACHVERSTÄNDIGEN FÜR UMWELTFRAGEN (1983): Wald-
schäden durch Luftverunreinigungen Sondergutachten März
1983. Verlag W. Kohlhammer Ges.m.b.H. Stuttgart und Mainz.

EIDGENÖSSISCHES DEPARTEMENT DES INNEREN (1985): Luftreinhalte-
verordnung.

EVERS F.H. (1985): Niederschlagsanalytische Untersuchungen in
südwestdeutschen Waldbeständen.- In: Was wir über das Wald-
sterben wissen (E. NIESSLEIN und G. VOSS, Hrsg.), S.142-147.
Deutscher Institutsverlag.

GLATTES F., S. SMIDT (1987): Höhenprofil Zillertal, Untersuchung
einiger Parameter zur Ursachenfindung von Waldschäden.-
FBVA-Berichte Nr. 20.

- KATZENSTEINER K. (1987): Deposition und Umsatz atmosphärischer Spurenstoffe in einem Fichtenwaldökosystem im nordwestlichen Mühlviertel.- Diplomarbeit Univ. Bodenkultur.
- KLUMPP A., G. KLUMPP, R. GUDERIAN (1988): Wuchsleistung und äußere Schädigungsmerkmale bei Buche nach Einwirkung von Ozon, Schwefeldioxid und Stickstoffdioxid.- Allg. Forstzeitschr. 26, 731-734, 1988.
- KOLB H. (1987): Meteorologische Auswertung der Winddaten an der Station Glein.- Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik, Interner Bericht.
- KÜHNERT M. (1987): Schadstoffeinträge im Raum Judenburg.- Bericht über das Workshop der Forschungsinitiative gegen das Waldsterben, 5. und 6. 3. 1987 an der Univ. f. Bodenkultur.
- MAYER R., B. ULRICH (1974): Conclusions on the filtering action of forests from ecosystem analysis.- Oecologia Plantarum 9, 157-168.
- MAYER R., B. ULRICH (1977): Acidity of precipitation as influenced by the filtering of atmospheric sulphur and nitrogen compounds - its role in the element balance and effect on soil.- Water, Air and Soil Pollution 7, 409-416.
- ÖSTERREICHISCHE AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN (1987): Stickstoffoxide in der Atmosphäre. Luftqualitätskriterien NO₂.
- ÖSTERREICHISCHES BUNDESINSTITUT FÜR GESUNDHEITSWESEN (1986): Immissionsmessung in Glein.
- PRINZ B., G.H.M. KRAUSE, K.D. JUNG (1985): Untersuchungen der LIS zur Problematik der Waldschäden.- Waldschäden - Theorie und Praxis auf der Suche nach Antworten. R. Oldenburg Verlag München - Wien.

REITER R., R. SLADKOVIC, H.J. KANTER (1986): Concentration of trace gases in the lower troposphere, simultaneously recorded at neighboring mountain stations at 740, 1780, 2964 m a.s.l. as a function of time and meteorological parameters. Part II: Ozone.- Submitted to: Meteorology and Atmospheric Physics, Springer Verlag Wien.

SMIDT S. (1984): Analysen von Niederschlagsproben aus Waldgebieten Österreichs.- Allg. Forstztg., Informationsdienst (221. Folge).

SMIDT S. (1986): Bulk-Messungen in Waldgebieten Österreichs, Ergebnisse 1984 und 1985.- FBVA-Berichte 13/1986.

SMIDT S., GLATTES F., J. LEITNER (1988): Höhenprofil Zillertal, Meßbericht 1986 (Luftschadstoffmessungen, Meteorologische Daten, Niederschlagsanalysen).- FBVA-Berichte Nr.26.

SMIDT S. (1988): Messungen der nassen Deposition in Österreich (Meßstellen, Jahresmeßergebnisse, Literatur).- FBVA-Berichte Nr.27.

STEINHAUSER F. (1959): Ergebnisse der registrierung des Ozongehaltes der Luft in Wien.- Arch. Met. Geophys. Geokl., Ser. A, 368-382.

ULRICH B., R. MAYER, P.K. KHANNA (1979): Deposition von Luftverunreinigungen und ihre Auswirkungen in Waldökosystemen im Solling.- Schriften aus der Forstlichen Fakultät der Universität Göttingen und der Niedersächsischen Forstlichen Versuchsanstalt. Band 58, Frankfurt.

VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE (1987): Maximale Immissions-Konzentrationen für Ozon, VDI 2310, Blatt 6, Entwurf.

WARMBT W. (1981): Langjährige Messungen des bodennahen Ozons in der DDR.- VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie, 62-77.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (1987): WHO Regional Office for Europe: The effects of ozone and other photochemical oxidants on vegetation.- In: Air Quality Guidelines, Vol. II, Copenhagen.

WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION (1985): Atmospheric ozone. Global Ozone Research and Monitoring Project, Report Nr. 16, Vol. III.

Anh.1: SO₂-Konzentrationen

Monatsmittelwerte (MMW), maximale Tagesmittelwerte (max. TMW), maximale Halbstundenmittelwerte (max. HMW) und 97,5-Perzentile

SO ₂ (mg/m ³)							
Monat	Stanglhütte				Schutzhaus		
	MMW	max. TMW	max. HMW	97,5-Perz.	MMW	max. TMW	max. HMW
5/85	0,010	0,010	0,020	0,020	-	-	- 1)
6/85	0,010	0,010	0,020	0,020	-	-	-
7/85	0,010	0,020	0,020	0,020	-	-	-
8/85	0,010	0,010	0,020	0,020	0,010	0,039	-
9/85	0,010	0,010	0,020	0,020	0,002	0,008	-
10/85	0,010	0,010	0,080	0,020	0,005	0,014	0,045
11/85	0,010	0,030	0,090	0,040	0,007	0,027	0,057
12/85	0,010	0,030	0,050	0,030	0,011	0,040	0,082
1/86	0,010	0,020	0,020	0,020	0,009	0,012	0,030
2/86	0,030	0,070	0,110	0,080	0,022	0,037	-
3/86	0,020	0,070	0,110	0,070	0,020	0,061	-
4/86	0,010	0,020	0,030	0,020	0,010	0,010	0,020
5/86	0,010	0,010	0,020	0,020	0,010	0,012	0,085
6/86	0,010	0,010	0,010	0,020	0,011	0,015	0,050
7/86	0,010	0,020	0,020	0,020	0,010	0,012	0,050
8/86	0,010	0,010	0,010	0,020	0,010	0,011	-
9/86	0,010	0,010	0,010	0,020	0,010	0,012	0,075
10/86	0,010	0,010	0,020	0,020	0,010	0,012	0,040
11/86	0,010	0,010	0,020	0,020	0,011	0,012	0,059
12/86	0,010	0,040	0,060	0,030	0,011	0,026	0,048
1/87	-	-	-	-	0,013	0,046	0,077
2/87	-	-	-	-	0,010	0,033	0,067
3/87	-	-	-	-	0,017	0,078	0,114
4/87	-	-	-	-	0,010	0,042	0,089
5/87	-	-	-	-	0,010	0,014	0,093
6/87	-	-	-	-	0,010	0,010	0,040
7/87	-	-	-	-	0,010	0,010	0,049
8/87	-	-	-	-	0,010	0,010	0,048

1) ab 25.5.

Anh.2: Ozonkonzentrationen

Monatsmittelwerte (MMW), maximale Tagesmittelwerte (max.TMW),
maximale Halbstundenmittelwerte (max.HMW) und 97,5-Perzentile

Ozon (mg/m ³)							
Monat	Stanglhütte				Schutzhaus		
	MMW	max. TMW	max. HMW	97,5- Perz.	MMW	max. TMW	max. HMW
5/85	0,100	0,128	0,170	0,170	-	-	- 1)
6/85	0,076	0,096	0,142	0,132	-	-	-
7/85	0,088	0,128	0,212	0,180	-	-	-
8/85	0,050	0,070	0,150	0,132	0,117	0,172	-
9/85	0,052	0,102	0,158	0,128	0,086	0,118	-
10/85	0,044	0,072	0,148	0,100	0,074	0,099	0,114
11/85	0,040	0,072	0,110	0,086	0,038	0,090	0,166
12/85	0,046	0,076	0,090	0,084	0,034	0,056	0,141
1/86	0,050	0,072	0,094	0,082	0,009	0,014	0,054
2/86	0,072	0,102	0,140	0,116	0,047	0,098	-
3/86	0,092	0,130	0,158	0,146	0,047	0,098	-
4/86	0,092	0,130	0,162	0,150	0,095	0,113	0,149
5/86	0,086	0,120	0,190	0,172	0,090	0,151	0,221
6/86	0,084	0,124	0,186	0,168	-	-	-
7/86	0,080	0,120	0,206	0,172	0,085	0,126	0,193
8/86	0,074	0,108	0,196	0,166	0,052	0,094	-
9/86	0,054	0,092	0,158	0,134	0,047	0,064	-
10/86	0,046	0,086	0,140	0,114	0,073	0,104	0,227
11/86	0,048	0,080	0,114	0,100	0,070	0,101	0,251
12/86	0,056	0,094	0,108	0,100	0,051	0,080	0,113
1-4/87	-	-	-	-	Geräteausfall		
5/87	-	-	-	-	0,051	0,066	0,123 2)
6/87	-	-	-	-	0,045	0,077	0,118
7/87	-	-	-	-	0,055	0,088	0,186 3)
8/87	-	-	-	-	0,043	0,055	0,108 4)

1) ab 25.5.

2) ab 22.5.

3) ab 24.7.

4) bis 14.8.

Anh.3: NO-Konzentrationen

Monatsmittelwerte (MMW), maximale Tagesmittelwerte (max.TMW)
und maximale Halbstundenmittelwerte (max.HMW)

NO (mg/m ³)						
Monat	Stanglhütte			Schutzhaus		
	MMW	max. TMW	max. HMW	MMW	max. TMW	max. HMW
5/85	0,014	0,030	0,055	-	-	- 1)
6/85	0,006	0,012	0,018	-	-	-
7/85	0,009	0,014	0,037	-	-	-
8/85	0,005	0,009	0,018	-	-	-
9/85	0,004	0,009	0,058	0,003	0,005	0,031
10/85	0,004	0,006	0,015	0,002	0,003	0,023
11/85	0,004	0,010	0,030	0,006	0,040	0,126
12/85	0,004	0,006	0,071	0,004	0,010	0,032
1/86	0,002	0,006	0,095	0,003	0,005	0,010
2/86	0,007	0,010	0,044	0,002	0,006	-
3/86	0,009	0,018	0,027	0,008	0,020	-
4/86	0,006	0,009	0,016	0,001	0,003	0,020
5/86	0,006	0,010	0,034	0,002	0,004	0,020
6/86	0,005	0,009	0,017	0,002	0,003	0,020
7/86	0,007	0,011	0,027	0,005	0,013	0,030
8/86	0,007	0,015	0,020	0,002	0,002	-
9/86	0,004	0,009	0,031	0,004	0,014	-
10/86	0,006	0,020	0,043	0,005	0,010	0,020
11/86	0,006	0,012	0,055	0,006	0,021	0,060
12/86	0,004	0,007	0,070	0,007	0,018	0,050
1/87	-	-	-	0,011	0,033	0,211
2/87	-	-	-	0,010	0,028	0,133
3/87	-	-	-	0,010	0,023	0,190
4/87	-	-	-	0,010	0,010	0,029
5/87	-	-	-	0,010	0,010	0,042
6/87	-	-	-	0,010	0,010	0,028
7/87	-	-	-	-	-	-
8/87	-	-	-	0,010	0,010	0,017 2)

1) ab 25.5.

2) bis 17.8.1987

Anh.4: NO₂-Konzentrationen

Monatsmittelwerte (MMW), maximale Tagesmittelwerte (max.TMW),
maximale Halbstundenmittelwerte (max.HMW) und Perzentile

NO ₂ (mg/m ³)								
Stanglhütte					Schutzhaus			
Monat	MMW	max. TMW	max. HMW	95- Perz.	97,5- Perz.	MMW	max. TMW	max. HMW
5/85	0,021	0,034	0,071	-	-	-	-	-
6/85	0,011	0,023	0,047	-	-	-	-	-
7/85	0,013	0,021	0,045	-	-	-	-	-
8/85	0,006	0,009	0,021	-	-	-	-	-
9/85	0,006	0,008	0,053	-	-	0,008	0,014	0,051
10/85	0,008	0,015	0,041	0,019	0,023	0,004	0,008	0,049
11/85	0,015	0,039	0,060	0,043	0,049	0,009	0,028	0,100
12/85	0,008	0,023	0,058	0,023	0,032	0,008	0,029	0,180
1/86	0,009	0,023	0,132	0,024	0,030	0,012	0,026	0,070
2/86	0,013	0,025	0,038	0,026	0,030	0,007	0,017	-
3/86	0,013	0,030	0,043	0,028	0,034	0,005	0,012	-
4/86	0,008	0,017	0,039	0,017	0,023	0,004	0,010	0,050
5/86	0,004	0,015	0,039	0,011	0,017	0,005	0,010	0,080
6/86	0,004	0,008	0,021	0,008	0,011	0,008	0,023	0,050
7/86	0,004	0,006	0,023	0,009	0,011	0,012	0,025	0,080
8/86	0,006	0,015	0,032	0,017	0,021	0,010	0,014	-
9/86	0,008	0,017	0,047	0,019	0,021	0,011	0,019	-
10/86	0,009	0,023	0,041	0,021	0,024	0,010	0,014	0,030
11/86	0,013	0,028	0,085	0,028	0,036	0,006	0,016	0,040
12/86	0,008	0,021	0,043	0,023	0,030	0,004	0,017	0,020
1/87	-	-	-	-	-	0,010	0,010	0,041
2/87	-	-	-	-	-	0,010	0,013	0,061
3/87	-	-	-	-	-	0,010	0,012	0,060
4/87	-	-	-	-	-	0,010	0,010	0,018
5/87	-	-	-	-	-	0,010	0,010	0,043
6/87	-	-	-	-	-	0,010	0,010	0,013
7/87	-	-	-	-	-	0,012	0,018	0,051
8/87	-	-	-	-	-	0,010	0,010	0,017

1) ab 25.5.

2) Ausfälle 3.-19.7. und ab 17.8.

Anh.5: Ergebnisse der integrierende Schadstoffmessungen

Periode	Stanglhütte (1000m)			Stadlmoar (1170m)			Rothmairalm (1450m)			Schutzhäus (1586m)		
	O ₃	NO _x	SO ₃	O ₃	NO _x	SO ₃	O ₃	NO _x	SO ₃	O ₃	NO _x	SO ₃
26.6.1985												
- 24.07.85	0.06	0.13	5.0	-	-	-	0.07	0.11	7.9	-	-	-
- 21.08.85	0.05	0.28	7.6	0.05	0.10	3.1	0.08	0.29	8.5	-	0.07	-
- 18.09.85	0.05	0.17	5.8	0.05	0.08	4.0	0.05	0.11	16.9	-	0.06	-
- 16.10.85	0.04	0.20	23.3	0.04	0.14	10.8	0.06	0.10	24.5	0.09	0.09	-
- 13.11.85	0.01	0.08	10.1	0.01	0.06	7.9	0.03	0.17	15.3	0.06	0.04	-
- 11.12.85	0.01	0.01	9.3	0.01	0.02	13.9	0.01	0.03	9.9	0.04	0.03	-
- 08.01.85	0.01	0.05	8.2	0.04	0.07	8.3	0.02	-	8.7	0.04	0.02	-
- 05.02.86	0.01	0.17	7.9	0.02	0.32	8.0	0.01	0.13	-	0.03	0.03	-
- 05.03.86	0.06	0.19	10.1	0.06	0.17	10.2	0.05	0.49	14.0	0.07	0.04	-
- 02.04.86	0.06	0.09	8.1	0.06	0.11	9.5	0.16	0.15	11.2	0.20	0.06	-
- 30.04.86	0.04	0.11	9.4	0.04	0.12	9.1	0.15	0.11	10.2	0.19	0.09	-
- 28.05.86	0.06	0.02	5.1	0.02	0.27	6.9	0.04	0.28	10.0	0.10	0.06	-
- 25.06.86	0.05	0.09	4.9	0.03	0.03	4.8	-	0.01	12.4	0.08	0.07	-
- 23.07.86	0.04	0.22	-	0.04	0.12	-	0.05	-	-	0.07	-	-
- 20.08.86	0.06	0.24	9.5	0.02	0.09	11.8	0.07	0.11	9.6	0.09	0.06	-
- 17.09.86	0.06	0.30	-	0.02	0.30	-	0.08	0.06	-	0.09	0.07	-
- 15.10.86	0.06	0.15	15.5	0.05	-	10.8	0.06	0.11	9.6	0.08	-	-
- 12.11.86	0.02	0.11	9.4	0.02	0.10	8.3	0.03	0.24	7.2	0.04	0.06	4.1
- 10.12.86	0.02	0.19	6.2	0.03	0.19	5.9	0.02	0.15	6.0	0.03	0.06	3.1

Anh.5, Fortsetzung: Ergebnisse der integrierende Schadstoffmessungen

Periode	Stanglhütte (1000m)			Stadlmoar (1170m)			Rothmairalm (1450m)			Schutzhäus (1586m)		
	O ₃	NO _x	SO ₃	O ₃	NO _x	SO ₃	O ₃	NO _x	SO ₃	O ₃	NO _x	SO ₃
- 07.01.87	0.01	0.12	4.3	0.01	0.11	5.1	0.01	0.09	5.1	0.02	0.02	-
- 04.02.87	0.01	0.19	10.2	0.01	0.17	10.0	0.02	-	-	0.03	-	-
- 04.03.87	0.04	0.33	10.5	0.03	0.20	9.1	0.06	0.17	8.7	0.07	0.10	6.2
- 01.04.87	0.05	0.25	7.8	0.05	0.20	6.6	0.12	0.17	6.2	0.15	0.09	-
- 29.04.87	0.05	0.11	9.3	0.05	0.09	8.7	0.09	0.08	6.2	0.17	0.05	5.0
- 27.05.87	0.07	0.10	5.2	0.06	0.11	5.1	0.09	0.08	-	0.10	0.05	3.2
- 24.06.87	0.06	0.15	3.9	0.06	0.11	3.5	0.07	0.09	3.2	0.09	0.07	3.0
- 22.07.87	0.05	0.19	5.1	0.05	0.17	5.0	0.07	0.10	4.7	0.08	0.09	3.2
- 19.08.87	0.05	0.24	7.2	0.05	0.20	7.0	0.06	0.10	6.4	0.09	0.08	-
- 16.09.87	0.04	0.22	6.9	0.05	0.15	5.0	0.05	0.08	-	0.09	0.06	4.1
- 14.10.87	0.04	0.27	8.3	0.04	0.25	7.5	0.06	0.14	6.1	0.08	0.08	4.1
Gesamtmittel (n)	0,041 (30)	0,166 (30)	8,36 (28)	0,037 (29)	0,150 (28)	7,63 (27)	0,057 (29)	0,139 (27)	9,52 (24)	0,084 (27)	0,062 (26)	4,00 (9)

Anh.6: Nasse Depositionen (Stanglhütte)

Gewichtete Monatsmittel und Jahresmittel (1986 und 1987)
der pH-Werte, Leitfähigkeiten und Ionengehalte in Niederschlagsproben (Regen und Schnee)

Monat	mm	pH	El.LF	SO ₄ ⁼⁼	NO ₃ ⁻	Cl ⁻	NH ₄ ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺
/Jahr			µS/cm	mg/l							
1/86	100	4,86	10,2	0,8	0,6	0,3	0,2	0,3	0,0	0,1	0,0
2/86	76	4,61	17,8	2,2	1,7	0,3	0,3	0,6	0,0	0,1	0,0
3/86	70	4,39	31,1	3,7	3,1	0,3	0,9	0,9	0,1	0,2	0,0
4/86	23	6,35	80,9	9,6	11,1	1,1	1,2	5,1	0,6	1,4	1,5
5/86	56	5,60	18,5	2,8	2,0	0,1	0,2	0,8	0,1	0,0	0,0
6/86	74	4,64	30,2	5,8	1,9	0,4	0,5	0,9	0,4	0,3	0,6
7/86	17	5,02	21,8	7,7	3,4	0,1	1,3	1,0	0,7	0,3	0,1
8/86	83	4,70	8,9	2,1	1,2	0,1	0,3	0,4	0,2	0,1	0,0
9/86	42	4,31	27,0	3,6	1,6	0,0	0,6	0,3	0,1	0,0	0,1
10/86	26	4,96	12,9	1,7	1,7	0,1	0,7	0,4	0,2	0,1	0,1
11/86	37	5,22	8,1	1,2	1,4	0,0	0,1	0,3	0,1	0,1	0,1
12/86	27	5,35	13,7	2,0	2,0	0,0	0,1	1,2	0,2	0,1	0,1
1986	631	4,69	18,7	2,8	1,8	0,2	0,4	0,6	0,2	0,2	0,1
1/87	44	4,68	12,8	2,1	1,2	1,1	0,1	0,3	0,1	1,2	0,1
2/87	55	4,54	15,0	2,3	1,4	0,7	0,1	0,3	0,1	0,8	0,1
3/87	78	4,59	16,8	2,9	2,0	1,0	0,3	0,6	0,2	1,1	0,4
4/87	31	4,63	29,0	5,3	2,6	0,9	0,8	1,7	0,2	1,1	0,6
5/87	102	4,29	28,1	4,5	2,0	1,0	0,7	0,5	0,2	1,1	0,8
6/87	80	4,71	13,9	2,3	1,2	1,0	0,3	0,2	0,1	1,1	0,8
7/87	146	4,66	16,0	2,7	1,0	0,9	0,6	0,3	0,1	1,0	0,3
8/87	86	4,92	11,9	1,9	1,0	0,9	0,5	0,2	0,1	1,0	0,4
9/87	59	4,51	21,5	4,0	1,1	1,0	0,4	0,5	0,3	1,2	0,3
10/87	46	4,42	19,4	2,9	0,9	0,9	0,2	0,5	0,2	1,2	0,1
11/87	76	4,50	15,8	2,7	0,8	0,8	0,2	1,0	0,3	1,2	0,2
12/87	37	4,71	21,1	3,0	1,0	1,2	0,5	1,1	0,3	1,1	1,3
1987	840	4,56	17,9	3,0	1,3	0,9	0,4	0,5	0,2	1,1	0,4
1986/87		4,61	18,3	2,9	1,5	0,6	0,4	0,6	0,2	0,7	0,3

BEZIEHUNG ZWISCHEN DEM CHEMISMUS VON WURZEL UND BODEN AN AUSGEWÄHLTEN PUNKTEN DER GLEINALM

Ilse Strohschneider

1 Einleitung

Die vorliegende Arbeit untersucht einige Elementgehalte von Fichtenfeinwurzeln und ihre Beziehung zu austauschbar gebundenen Kationen im umgebenden Mineralboden. Damit soll ein Beitrag geleistet werden zu der Frage, inwieweit stoffliche Veränderungen im Boden, wie Versauerung, Al-Freisetzung und vermindertes Nährstoffangebot auf die anorganischen Stoffinhalte der Feinwurzeln Einfluß nehmen.

Auf 25 Untersuchungs-Punkten wurden Wurzelproben aus dem Auflagehumus und den vier zur Bodenanalyse herangezogenen Tiefenstufen des Mineralbodens (0-10 cm, 10-20 cm, 20-30 cm und 30-50 cm) (MAJER et al. 1989) entnommen. Im beiliegenden Lageplan sind die beprobten Punkte farbig eingetragen. Die zugehörigen Analysendaten sind auf Tabelle 1 dargestellt.

Der statistische Vergleich mit Bodendaten bezieht sich dabei auf die im Beitrag von MAJER, KILIAN und MUTSCH (1989) vorgestellten Analysenergebnisse, und zwischen die aus dem Bariumchlorid-Auszug bestimmten austauschbar gebundenen Kationen. Dieser Auszug wurde nur für den Mineralboden durchgeführt. Analysenergebnisse von Wurzeln aus dem Auflagehumus sind daher in Tabelle 1 nur angeführt, mußten aber bei der Auswertung unberücksichtigt bleiben.

2 Bisherige Untersuchungen und Ergebnisse

Nach mehreren Autoren (z.B.: HÜTTERMANN 1983, MURACH 1984, ULRICH et. al. 1984, MEYER 1987) können durch Versauerungsschübe im Boden erhebliche Schädigungen am Feinwurzelsystem der Waldbäume ausgelöst oder disponiert werden. Wurzelschäden können auch durch andere Stressoren wie Luftmangel (Vernässung), Wassermangel (Dürre), mechanische Beanspruchung (Sturm) oder Schadorga-

Lageplan
Projekt Gleinalm

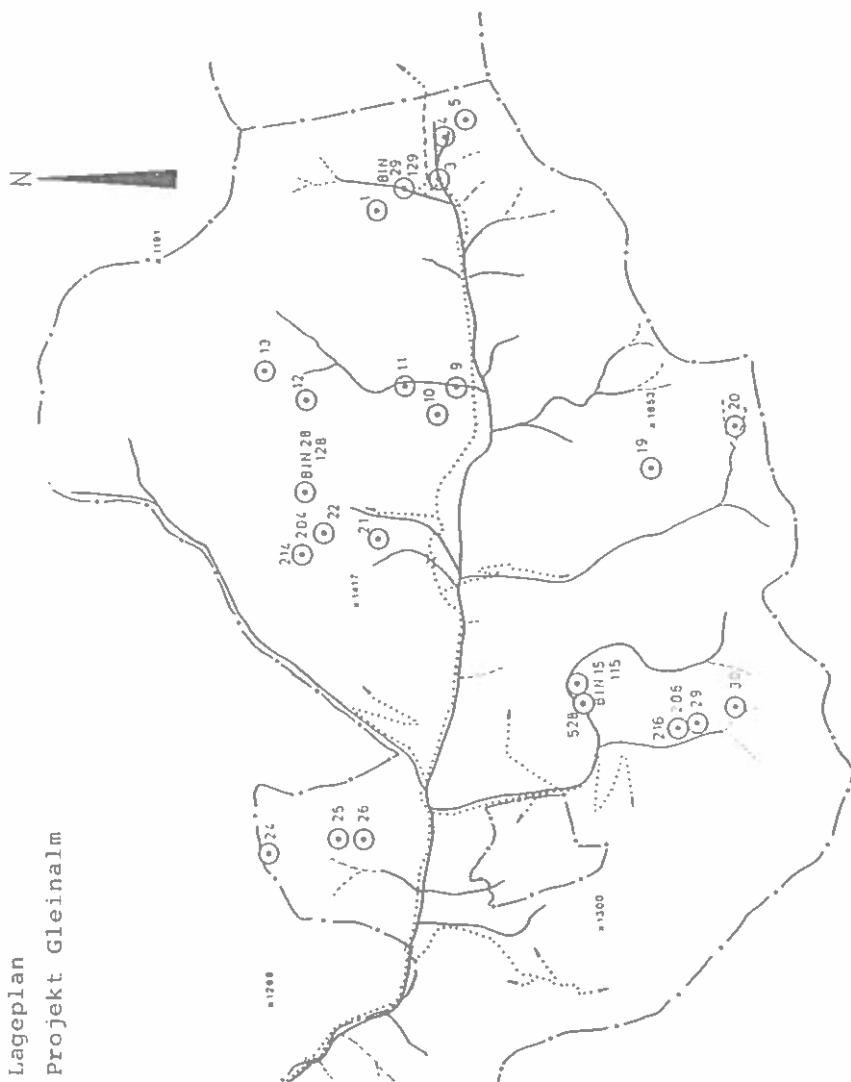


Tabelle 1: Wurzelanalysendaten

Wurzel Probe	GC	pro- fil	Hori- sont	cm von bis	P	E	Ca g/kg im Saeure-Aufschluss	Mg	Fe	Cu mg/kg im Saeure-Aufschluss	Mn	Zn	Pb	Cd	Al	molekulares Ca/Al- Verhaeltnis	
1061	0	1	OB	2	0	0.29	0.95	1.73	0.34	254	3	112	62	19.17	1.13	470	2.48
1063	0	1	AB	0	10	0.62	1.36	2.36	0.59	1748	8	192	128	23.52	2.51	4347	0.37
1121	0	3	A	0	10	0.85	1.85	4.01	0.58	1483	7	222	130	69.89	5.07	2150	1.26
1124	0	3	B1	10	20	0.81	1.97	2.77	0.69	1905	8	195	101	38.89	1.87	2085	0.89
1127	0	3	B2	20	30	1.03	3.58	2.67	0.85	704	5	136	103	45.75	2.32	1852	1.71
1129	0	4	AZ	0	10	0.63	1.48	3.22	0.51	2818	8	148	81	36.31	6.12	2108	1.03
1132	0	4	BH	10	20	0.57	1.36	2.24	0.40	2531	9	85	123	67.96	4.97	5222	0.29
1135	0	4	B5	20	30	0.55	1.46	2.33	0.35	2434	6	116	166	20.24	3.39	2699	0.58
1137	0	5	OP	3	1	0.56	2.56	2.25	0.47	84	7	94	84	13.89	3.25	102	14.85
1138	0	5	AE	0	10	0.71	1.44	2.41	0.40	1153	9	90	78	35.08	5.99	1221	1.33
1141	0	5	BH	10	20	1.01	1.41	1.07	0.34	3504	13	35	45	35.75	0.99	2194	0.33
1144	0	9	A	0	10	0.83	2.08	2.76	0.76	1376	10	826	91	19.89	3.11	3516	0.53
1147	0	9	BH1	10	20	0.85	2.17	2.42	0.83	1192	9	306	96	15.28	1.79	2816	0.57
1150	0	9	B2	20	30	0.57	1.46	2.85	1.13	2637	11	229	49	9.78	2.86	8209	0.23
1153	0	9	B3	30	50	0.54	1.56	2.74	1.24	1869	8	209	51	4.27	2.93	6439	0.29
1155	0	10	A	0	10	0.69	1.53	2.90	0.86	1311	9	357	108	13.89	2.51	3767	0.52
1158	0	10	B1	10	20	0.54	1.29	2.48	0.92	1284	9	300	80	22.01	2.23	4673	0.36
1161	0	10	B2	20	30	0.52	1.00	2.70	0.91	794	8	162	86	8.99	1.37	3265	0.56
1164	0	10	B3	30	50	0.25	0.93	2.45	1.06	1805	9	121	112	4.84	0.76	4268	0.39
1165	0	11	OP	5	3	0.63	1.76	4.05	0.57	546	9	350	98	25.03	3.67	728	1.74
1167	0	11	OPH	5	0	0.55	1.66	3.70	0.72	560	9	413	78	40.70	6.02	1005	2.48
1169	0	11	AB	0	10	0.34	1.93	4.12	0.62	610	8	373	76	19.89	4.79	836	3.32
1172	0	11	B1	10	20	0.15	1.64	3.44	0.57	768	6	190	95	14.89	6.35	1411	1.64
1175	0	11	B2S	20	30	0.29	1.46	3.27	0.67	685	5	129	43	86.39	1.49	2122	1.04
1177	0	11	B2S	30	50	0.30	1.03	1.40	0.32	868	4	132	46	7.42	0.77	2337	0.40
1180	0	12	A	0	10	0.38	1.51	3.06	0.64	1080	6	392	77	29.94	2.35	2533	0.81
1183	0	12	AB	10	20	0.83	1.27	2.50	0.67	1488	8	318	76	22.40	1.79	4158	0.40
1186	0	12	B5	20	30	0.47	1.34	1.95	0.81	1336	7	260	62	4.37	1.15	5349	0.25
1188	0	13	OP	4	1	0.63	1.04	3.69	0.46	339	8	496	73	35.62	3.50	517	4.80
1190	0	13	AZ	0	10	0.83	1.54	2.78	0.75	1006	8	548	108	36.89	3.15	1542	1.21
1193	0	13	AE	10	20	0.65	1.08	3.05	0.54	2183	11	810	135	30.89	5.35	3607	0.37
1196	0	13	BHS	20	30	0.52	1.27	2.06	0.53	577	10	258	165	17.89	2.27	4189	0.33
1199	0	13	BHS	30	50	0.51	1.61	2.78	0.66	580	11	199	209	5.67	2.28	4045	0.46
1210	0	19	A	0	10	0.85	1.60	2.90	0.77	1928	14	257	128	44.89	10.23	1844	0.51
1213	0	19	AB	10	20	0.32	1.48	2.81	0.66	1391	12	198	135	11.89	5.13	3263	0.58
1216	0	19	B	20	30	0.62	1.05	2.54	0.49	1855	13	136	147	20.09	2.97	3832	0.45

GG: Ausgewählte +/- Naehae: 1= Wurzeln unter grüner Krone geworben, 2= Wurzeln unter gelber Krone geworben.

(Fortsetzung) Tabelle 1: Wurzelanalysendaten

Wurzelprobe	GG	Profil	Hori- zent	ca	P	K	Ca	Mg	Fe	Cu	Mn	Zn	Pb	Cd	Al	relatives Ca/Al- Verhältnis
				von bis			g/kg im Säure-Aufschluss		mg/kg im Säure-Aufschluss		mg/kg im Säure-Aufschluss					
1219	0	20	OP	3	1	0.72	2.08	2.40	0.87	230	14	260	424	33.71	3.25	232
1221	0	20	AB	10	10	0.71	1.61	2.84	0.81	2480	11	143	110	28.89	4.31	1986
1224	0	20	AB	10	20	0.54	1.39	2.38	0.44	4625	11	81	159	31.21	3.48	4728
1226	0	20	AB	20	30	0.52	1.91	2.79	0.71	2176	12	132	60	8.49	3.91	6041
1229	0	20	B1	30	50	0.60	1.60	2.05	0.63	1997	13	178	65	11.32	4.08	9592
1232	0	21	A	10	10	0.86	1.64	4.50	0.71	1639	10	637	60	23.89	2.33	3013
1235	0	21	BH1	10	20	0.55	1.46	3.32	0.83	1081	8	257	56	13.82	1.87	4192
1238	0	21	B25	20	30	0.51	1.30	3.20	0.93	1756	8	188	41	5.31	1.53	3881
1241	0	21	B25	30	50	0.46	1.11	2.55	0.91	1046	8	252	23	2.68	1.61	7095
1248	0	22	OP	3	1	1.01	1.24	3.50	0.61	422	7	631	73	13.89	1.49	675
1249	0	22	OR	1	0	0.74	1.80	3.53	0.57	1081	11	437	63	30.06	2.69	1956
1250	0	22	A	0	10	0.50	1.30	3.19	0.59	940	7	322	96	25.39	2.29	2921
1253	0	22	B1	10	20	0.50	1.08	1.90	0.53	736	6	271	83	11.89	1.03	3527
1256	0	22	B1	20	30	0.43	0.99	1.91	0.48	979	6	201	93	5.15	0.67	6270
1259	0	24	OP	3	0	0.55	3.37	2.48	0.60	233	7	249	44	16.89	1.85	381
1261	0	24	AE	0	10	0.58	1.81	4.64	0.61	746	6	140	79	13.89	2.13	776
1264	0	24	BH	10	20	0.48	1.34	2.63	0.46	1018	7	51	71	23.05	1.11	3022
1267	0	24	B5	20	30	0.48	1.28	3.13	0.82	2178	6	43	66	37.43	1.32	6202
1270	0	24	BC	30	50	0.21	0.90	1.49	0.51	1045	6	36	42	3.89	1.12	4380
1272	0	25	OP	2	0	0.61	1.75	4.42	0.78	538	7	554	65	35.02	2.49	678
1273	0	25	A	0	10	0.59	1.57	3.79	0.58	1078	9	418	68	30.99	0.87	1538
1276	0	25	BH	10	20	0.55	1.47	3.32	0.72	1103	8	217	50	12.30	1.59	2860
1279	0	25	B5	20	30	0.45	1.12	2.95	0.77	1175	9	159	57	15.39	1.03	3813
1282	0	25	B5	30	50	0.42	1.37	2.29	0.86	1741	9	127	42	4.33	1.29	6280
1285	0	26	OP	2	0	0.58	1.85	4.60	0.71	459	8	1259	95	16.86	2.11	563
1286	0	26	AE	0	10	0.57	1.23	5.48	0.94	2185	10	1463	93	13.39	4.15	2490
1289	0	26	B1	10	20	0.44	1.23	4.06	0.94	1457	7	438	42	11.18	1.71	3240
1292	0	26	B25	20	30	0.41	1.23	4.19	1.01	1647	8	361	43	10.93	1.19	3591
1295	0	26	B25	30	50	0.35	0.94	6.70	1.25	1613	9	137	32	3.25	1.40	3239
1296	0	29	OP	4	2	0.65	1.56	3.50	0.71	217	5	248	98	7.48	2.89	261
1298	0	29	OH	2	0	0.66	1.28	3.29	0.85	187	5	186	118	32.21	4.32	1239
1291	0	29	AB	0	10	0.65	1.18	3.34	0.64	897	9	264	107	1.64	2.84	771
1309	0	30	OP	4	0	0.59	1.70	1.34	0.38	182	6	137	44	14.99	0.77	275
1311	0	30	AE	0	10	0.64	1.36	2.39	0.52	1718	8	115	99	48.39	2.73	1235
1314	0	30	BH	10	20	0.69	1.19	1.30	0.25	2240	9	30	82	63.05	1.69	2139

GG: Ausgewählte +/- nasse; 1: Wurzel unter grüner Krone geerntet, 2: Wurzel unter gelber Krone geerntet.

(Fortsetzung) Tabelle 1: Wurzelanalytendaten

Wurzel probe	GG fil	Pro- fil	ori- sont	cm von bis	P	E	Ca g/kg im Saure-Aufschluss	Mg	Fe	Cu mg/kg im Saure-Aufschluss	Mn	Zn	Pb	Cd	Al	molares Ca/Al- Verhältnis
1202	0	115	A	0 10	0.59	2.37	3.40	0.63	500	7	276	77	19.79	3.81	840	2.72
1205	0	115	B1	10 20	0.85	1.81	3.15	0.63	1194	14	138	115	15.99	5.94	2278	0.93
1208	0	115	B2	20 30	0.52	1.30	2.57	0.53	1855	15	97	87	13.89	4.78	4102	0.42
1298	0	128	OP	2 0	0.68	1.65	3.93	0.95	241	9	516	94	20.92	2.41	355	7.45
1299	0	128	AZ	0 10	0.60	1.54	4.47	0.60	1355	8	321	86	25.89	3.85	2242	1.34
1302	0	128	B5	10 20	0.53	1.19	2.39	0.59	1834	7	136	78	11.00	1.35	4536	0.35
1305	0	128	B5	20 30	0.60	0.99	2.50	0.64	1894	7	116	94	17.38	1.78	7445	0.23
1308	0	128	B5	30 50	0.77	1.67	2.38	0.69	312	7	109	69	11.93	0.91	1107	1.45
1243	0	129	A	0 10	0.85	1.83	2.29	0.79	1411	11	142	140	21.39	2.87	2179	0.71
1246	0	129	AB	10 20	0.59	0.63	2.85	0.60	1444	12	147	95	48.52	2.17	3086	0.62
1109	0	204	AB	0 5	0.67	1.72	1.82	0.59	605	9	380	122	15.17	1.34	1395	0.88
1112	0	204	AB	0 5	0.51	1.18	2.73	0.67	789	7	583	77	19.67	1.94	1250	1.47
1113	0	204	AB	0 5	0.64	1.02	2.87	0.85	1206	8	642	116	21.67	2.06	2135	0.90
1115	0	204	AB	5 13	0.62	0.92	2.48	0.69	1789	9	751	118	18.67	1.72	5000	0.33
1075	2	214	O	5 0	0.86	1.42	4.48	0.71	860	9	950	80	15.42	2.25	400	8.21
1076	2	214	AB	0 5	0.72	1.07	1.48	0.92	1714	8	702	122	15.17	2.01	2080	1.13
1079	2	214	AB	5 10	0.64	0.98	2.66	0.68	1331	8	499	128	21.67	1.28	2805	0.64
1082	1	214	O	5 0	0.77	1.35	3.08	0.63	392	5	902	74	19.17	1.47	455	4.56
1083	1	214	AB	0 5	0.61	1.07	3.16	0.81	1226	6	803	87	15.71	1.62	1908	1.11
1086	1	214	AB	5 10	0.67	1.35	2.87	0.89	1880	8	856	149	15.93	2.06	3483	0.55
1089	2	214	AB	0 5	0.59	1.03	2.41	0.84	1720	8	566	90	21.56	1.62	2806	0.62
1092	2	214	AB	5 10	0.56	1.08	2.11	0.89	2014	9	456	94	36.59	1.84	3191	0.49
1095	1	214	O	5 0	0.88	1.55	3.46	0.94	293	7	954	69	20.67	1.00	360	6.47
1096	1	214	AB	0 5	0.58	1.03	2.04	0.58	1336	7	367	61	25.67	1.04	1890	0.81
1100	2	216	ABH	0 5	0.64	0.93	2.63	0.77	1839	9	284	49	18.93	2.22	1802	1.11
1103	2	216	AB	5 10	0.87	1.46	2.24	0.89	2943	14	81	125	18.09	1.33	4047	0.37
1104	1	216	O	5 0	1.24	1.51	3.67	0.93	783	10	416	87	26.67	2.23	960	2.57
1105	1	216	ABH	0 5	1.00	1.20	2.80	0.90	929	12	324	104	16.17	1.67	1510	1.11
1108	1	216	AB	5 10	1.00	1.83	2.43	0.90	978	15	221	173	15.27	2.80	2083	0.79
1117	0	528	AB1	5 13	0.76	1.10	2.78	0.92	1645	16	69	137	49.55	2.40	4908	0.38
1118	0	528	AB2	5 13	0.60	1.21	2.36	0.72	2209	17	98	80	25.61	1.53	4783	0.32

GG: Ausgewählte +/- Name: 1= Wurzeln unter grüner Krone geworben, 2= Wurzeln unter gelber Krone geworben.

nismen verursacht werden, wobei der Frage der Disposition besondere Aufmerksamkeit zu widmen ist. Je nach Klima, Standort, chemischem Bodenzustand und Schädlingsgradation können also unterschiedliche Auslöser wirksam werden.

Unter Wurzelschädigung wird verstanden, daß in Teilen des Wurzelsystems die Endodermis geschädigt ist. Die im Apoplast (im Zellwandraum) vorhandene, durch die lebenden Zellen des Rindenparenchyms mehr oder weniger veränderte Bodenlösung kann dann ohne Hindernis in den Zentralzylinder eindringen.

Die Wurzelschädigung hat zur Folge, daß die Bodenlösung ohne wesentliche Veränderungen der Ionenzusammensetzung in den Transpirationsstrom gelangen kann (ULRICH 1984).

Auf Böden im Silikatpufferbereich mit ausgeglichener Nährstoffzusammensetzung der Bodenlösung, Abwesenheit von Kationsäuren und Anwesenheit von Hydrogencarbonationen bleibt dies ohne große Folgen.

Anders ist es in sauren Böden mit unausgeglichener Nährstoffzusammensetzung der Bodenlösung, hohen Anteilen von Aluminiumionen und in Abwesenheit der Hydrogencarbonationen. Hier kann die Wurzelschädigung dem Baum die Aufrechterhaltung der Pufferfähigkeit im Blatt erschweren und so im Blatt zu Nährstoffmangel und zum Mangel an Basizität führen (ULRICH und MATZNER 1983).

Die in das Xylem eindringende saure Bodenlösung wird durch das Calcium der Zellwände abgepuffert, die Kationsäuren (Al und Schwermetalle) verbleiben in den Zellwänden und werden dort akkumuliert. (Bei erneutem Eindringen saurer Bödenlösung können sie unter Umständen mobilisiert werden).

Eine Wurzelschädigung erschwert dem Baum die Aufrechterhaltung der Pufferfähigkeit im Blatt. Die im Blatt abgepufferte Säure wird über die Wurzel dem Boden zugeführt. Welche Säure sich im wurzelnahen Boden bildet, hängt vom chemischen Bodenzustand ab: Kohlensäure im Carbonat-Pufferbereich, starke Säuren im Al- und Fe-Pufferbereich.

Für die Pflanze hat dies noch eine andere Konsequenz: Die Wurzel versauert nicht allein vom Boden her, sondern auch durch die bei der Ionenaufnahme im Apoplast entstehenden Säuren. Da die Zellwand sich wie ein Kationenaustauscher verhält, macht sich die

Versauerung der Wurzel genauso wie die Versauerung des Bodens in einer Abnahme der Ca-Sättigung am Austauscher und einer Zunahme von H^+ - oder Kationsäuren wie Al und Schwermetalle - Kationen bemerkbar.

Wurzeluntersuchungen haben in der Tat ergeben, daß Aluminium (ULRICH 1979) und Schwermetalle (MAYER und HEINRICHS 1981) relativ unabhängig vom chemischen Bodenzustand beträchtliche Gehalte in Wurzeln erreichen.

Dies deutet darauf hin, daß durch die hohe Säureproduktion bei der Ionenaufnahme als Folge der sauren Deposition im Grenzbe-
reich Wurzel/Boden episodisch starke pH-Absenkungen auftreten, die die Mobilisierung von Al und Schwermetallkationen erlauben (MATZNER und THOMA 1983). Solange dies kurzfristige Episoden bleiben und die Wurzel nachher wieder Basizität z.B. in Form von gelösten Calciumhydrogencarbonat aufnehmen kann, braucht dies keine oder höchstens leicht zu überwindende Schädigungen hervorzurufen.

Wie BAUCH und SCHRÖDER (1982) gezeigt haben, wird es jedoch kritisch, wenn das Calcium aus der Zellwand verloren gegangen ist. Chemisch zeigt dies an, daß im Apoplast der Wurzel nunmehr niedrigere pH-Werte (um 4) vorliegen.

Unter diesen Bedingungen werden die im Apoplast als Hydroxokomplexe und schwerlöslichen Al- und Schwermetallverbindungen mobilisiert, gehen als Ionen in die Lösung und können nunmehr das Ca aus der Mittellamelle herauslösen und damit die Endodermis schädigen (HÜTTERMANN 1983, TISCHNER et al. 1983) und/oder Zellschäden verursachen.

Diese Entwicklung kann durch einen Versauerungsschub im Boden ausgelöst werden, weil mit der dadurch bewirkten pH-Absenkung bzw. Produktion von Kationsäuren die Bildung von Hydrogencarbonaten, also Basizität, aus Atmungskohlensäure in der Rhizosphäre und im Apoplast der Wurzel erschwert oder nicht mehr möglich wird.

Von diesen Überlegungen ausgehend soll hier untersucht werden, welcher Arten von Beziehungen zwischen Bodeneigenschaften und Wurzeln im Schadensgebiet Gleinalm vorliegen und ob eine allfällige Wirkung auf den Gesamtzustand des Baumes nachzuweisen ist.

3 Methodik der Wurzeluntersuchungen

3.1 Probenahme

Aus den nach Auflagehumus und Tiefenstufen des Mineralbodens getrennt geworbenen Bodenproben wurden, wie im Abschnitt Boden erwähnt, die lebenden Wurzeln entfernt. Sie wurden in Papiersäckchen, ebenfalls nach Horizonten oder Tiefenstufen getrennt und differenziert nach Probepunkten aufbewahrt.

3.2 Probenvorbereitung

Von den auf diese Weise erhaltenen Wurzelproben wurden die Feinwurzeln mit einem Durchmesser von 1-2 mm aussortiert, von grober anhaftender Erde befreit und luftgetrocknet. Danach wurden auch die feinen Verunreinigungen weitgehend entfernt und die Wurzeln auf einem Sieb unter fließendem Wasser gründlich und schonend gewaschen sowie in entionisiertem Wasser in 2 Stufen gespült. Die so behandelten Wurzeln wurden bei 105° C getrocknet.

3.3 Analytik

Für die chemische Analyse wurde ca. 1 g Wurzeltrockenmasse herangezogen. Es wurde mit 20 ml eines Gemisches aus Salpetersäure-Perchlorsäure (5+1) versetzt, langsam erhitzt und schließlich bei 180°C vollständig aufgeschlossen. Danach wurden die Proben in einen 100 ml Meßkolben übergeführt und mit entionisiertem Wasser zur Marke aufgefüllt. Nun wurde in PE-Fläschchen filtriert, in welchen die Proben für die Analyse aufbewahrt wurden.

Folgende Elemente wurden analysiert: P (mittels Spektralphotometer), K, Ca, Mg, Fe, Mn, Cu und Zn (mittels AAS in der Luft-Acetylenflamme), Al (mittels AAS in der Lachgas-Acetylenflamme) und Pb sowie Cd (mittels AAS - Graphitrohrtechnik).

Für die gewissenhafte Durchführung der Analysen wird Frau E. FINK gedankt.

4 Ca/Al-Verhältnis in Feinwurzeln von Fichten

Zwischen dem chemischen Bodenzustand einerseits, dem Ca/Al-Verhältnis in den Feinwurzeln sowie der Wurzelmortalität andererseits bestehen enge Beziehungen. Das Ca/Al-Verhältnis in den Wurzeln ist ein Maß für die Versauerung der als Kationenaustauscher fungierenden Zellwände in der Wurzelrinde (dem "scheinbar freien Raum" (Lehrbücher der Botanik und Pflanzenphysiologie)).

Der Einteilung der Fichtenfeinwurzeln ($\varnothing < 2 \text{ mm}$) nach "Schadensklassen" liegt die Arbeit von MURACH (1984) zugrunde. Darin wird versucht, anhand des molaren Ca/Al-Verhältnisses die Elastizität der Feinwurzeln gegenüber Säuretoxizität zu charakterisieren.

MURACH unterscheidet 4 Schadensklassen (0-3) anhand einer Beschreibung der Wurzelschadensmerkmale und Grenzwerten des Ca/Al-Verhältnisses getrennt nach Auflagehumus und Mineralboden (bestimmte Tiefenstufen) .

Aus Tabelle 3 ersieht man eindeutig, daß die Hauptanzahl der Wurzelpunkte in der Schadensklasse 1 liegt. Nach MURACH bedeutet dies eine "mögliche" Schädigung des Bestandes bei einem Versauerungsschub. Diese Aussage gilt für die Punkte 3, 4, 5, 12, 13, 20, 21, 22, 25, 26, 30, BIN 28, BIN 29, 214 und 216, die auf der Karte wahllos verteilt sind.

In der Schadensklasse 2 mit den Punkten 1, 9, 10, 19 und 528 trifft diese Schädigung des Bestandes bei einem Versauerungsschub schon "wahrscheinlich" zu. Auf diesen Punkten herrscht eine geringe Pufferfähigkeit in den Wurzeln, sodaß die Regenerationsfähigkeit beeinträchtigt wird.

Am günstigsten sind die Wurzeln der Punkte 11, 24, 29 und BIN 15 zu beurteilen: hier ist die Pufferfähigkeit der Wurzeln im Mineralboden von 0-10 cm Tiefe noch intakt und somit die Feinwurzeln gesund (Schadensklasse 0). In der folgenden Mineralbodentiefe von 10-20 cm befindet sich nur mehr Punkt 11 in der Schadensklasse 0. Punkt 24 und BIN 15 liegen dort in der Schadensklasse 1. Auf Punkt 29 gibt es in dieser Tiefenstufe keine Wurzeln mehr.

Tabelle 1: Einteilung der Schadenklassen an lebenden Fichten-Feinwurzeln anhand des molaren Ca/Al-Verhältnisses zur Charakterisierung der Elastizität gegenüber Säuretoxizität (nach HURLACH 1994)

Schaden- klasse	Schadensmerkmale der Wurzeln	molares Ca/Al-Verhältnis in Feinwurzeln (Durchmesser kleiner 2mm)	Beobachtungspunkte
		0-5cm Tiefe 5-20cm Tiefe im Mineralboden	0-10cm Mineralbodentiefe 10-20cm
0	Die Wurzel besitzt eine hohe Pufferfähigkeit bei einem Versauerungsschub	grösser 2 grösser 1	11, 24, 29, BIN15 11
1	Die Pufferfähigkeit nimmt ab. Die Regenerationsfähigkeit bleibt noch weitgehend erhalten	0,6 - 2 0,3 - 1	3, 4, 5, 12, 13, 20, 21, 22, 25, 26, 30, 214, 216, BIN28, BIN29 3, 5, 9, 10, 12, 13, 19, 20, 21, 22, 24, 25, 26, 30, BIN15, BIN28, BIN29
2	geringe Pufferfähigkeit. Die Regenerationsfähigkeit wird beeinträchtigt	0,3 - 0,6 0,1 - 0,3	1, 9, 10, 19, 528

5 Statistischer Vergleich der Wurzelanalysen mit Bodenkenndaten

5.1 Statistische Behandlung

Die EDV-Auswertung erfolgte auf der VAX 750 der Forstlichen Bundesversuchsanstalt. Die statistische Auswertungsmethode wurde aus dem SPSS-Programmpaket entnommen und für diesen speziellen Fall modifiziert.

SCATTERGRAMM ergibt eine graphische und gleichzeitig auch rechnerische Lösung der Korrelation (errechnet wird der PEARSON'sche Korrelationskoeffizient).

Folgende Symbolik wird für die Signifikanz verwendet:

*	Irrtumswahrscheinlichkeit	$\alpha < 5\%$	signifikant
**	"	$\alpha < 1\%$	sehr signifikant
***	"	$\alpha < 0,1\%$	höchst signifikant

Die Beziehungen Boden-Wurzel wurden dabei für alle Tiefenstufen getrennt berechnet. Sie sind hier fortlaufend zu einem Profil zusammengefaßt dargestellt, wobei beachtet wurde, daß die Beziehung innerhalb einer Element-Paarung von Boden und Wurzel gleich bleibt. Dabei ist auch herauszulesen, wie die Signifikanz mit der Tiefe verläuft und wie hoch die Korrelationskoeffizienten sind. Folgende Elemente wurden in Beziehung zueinander gesetzt: K, Ca, Mg, Fe, Mn, Al, H^+ . Zusätzlich wurden noch für die Kationenaustauschkapazität und die Basensättigung Korrelationen gerechnet.

Bei allen Korrelationen ist zu beachten, daß die Bandbreite der einzelnen Parameter bei den Böden im Gleinalmgebiet sehr unterschiedlich ist. So bewegen sich etwa die Ca-Konzentrationen im Boden - von wenigen Ausnahmen abgesehen - nur in einem sehr niedrigen Bereich. Für die Prüfung von Zusammenhängen steht also kaum ein ausreichender Gradient zur Verfügung; dennoch sind einige klare Beziehungen erkennbar.

5.2 Ergebnisse

5.2.1 Kalium

0-10 cm	K(Bd)-Al(Wz)	$r = -0,43^{**}$
10-20 cm	K(Bd)-Al(Wz)	$r = -0,59^{**}$
20-30 cm	K(Bd)-Al(Wz)	$r = -0,71^{***}$
20-30 cm	K(Bd)-K(Wz)	$r = 0,60^{**}$

K(Bd)..... austauschbares Kalium im Boden

Al(Wz).... Aluminiumgehalt in Wurzel

K(Wz)..... Kaliumgehalt in Wurzel

Zwischen austauschbarem K im Boden und dem Al-Gehalt in der Wurzel besteht eine hochsignifikante negative Beziehung. Mit abnehmendem K-Belag am Sorptionsträger im Boden steigt der Al-Gehalt der Wurzeln signifikant an. Dabei nimmt mit zunehmender Mineralbodentiefe sowohl der Korrelationskoeffizient als auch die Sicherheit der Aussage zu. Dies gilt für Mineralbodentiefen von 0-30 cm. Die negative Korrelation steigt mit der Bodentiefe an; vielleicht weil der mit der Tiefe abnehmende Humusgehalt einen verwischenden Einfluß hat. Ab 30 cm Tiefe hingegen ist keinerlei Beziehung erkennbar.

Zwischen dem Al-Belag im Boden und Al in der Wurzel ist keine oder eher sogar eine negative Beziehung (0-10 cm) erkennbar. Daher ist einerseits eine Verfälschung der Wurzelwerte durch Kontamination der Proben mit Bodenresten auszuschließen, vor allem aber die Beziehung K-Boden/Al-Wurzel nicht über die Relation K/Al im Boden zu suchen, was plausibel wäre, sondern es ist eine direkte (antagonistische) Wirkung von K-Mangel im Boden auf die Al-Aufnahme der Wurzel anzunehmen.

Die durchschnittlichen Konzentrationen beider Elemente nehmen (gemeinsam mit der Kationenaustauschkapazität) mit der Tiefe deutlich ab (s. Medianwerte Tab. 2); trotzdem sollte die Probenzahl und die Streuung der (absolut niedrigeren) K-Gehalte eine Berechnung immer noch erlauben. Vielleicht liegt hier - bei höherem pH-Wert - der Gesamtanteil an freibeweglichem Al im Boden bereits unter einem physiologisch wirksamen Grenzwert.

Tab. 2: Medianwerte (B-Auszug, Boden in mval IEq)

cm	K	Al
0-10 cm	0,18	6,92
10-20 cm	0,09	4,93
20-30 cm	0,05	3,48
30-50 cm	0,04	2,31

Nur in 20-30 cm Tiefe korreliert K im Boden auch mit dem K-Gehalt in Wurzel positiv bei 1% Irrtumswahrscheinlichkeit. Bei der Interpretation der positiven Korrelation K (Boden) zu K (Wurzel) ist Vorsicht wegen möglicher Kontaminationsfehler geboten. So ist z.B. der hohe Wert bei Pt. 3 mit 3,58 g/kg verdächtig. Allerdings ist Pt. 3 auch beim Bodengehalt mit 0,17 mval IEq K ein "Ausreißer" nach oben und liegt auch der Gesamt-Gehalt mit 0,10% K im oberen Bereich (Lage in der Nähe des natürlich K-reicheren Augengneis-Zuges).

Ein Erklärungsversuch für die auch bei anderen Elementen beobachtete Tatsache, daß recht enge Beziehungen nur in einzelnen Tiefenstufen auftreten - hier bei 20-30 cm mit **, sonst kein Zusammenhang - könnte bei den Absolutwerten gesucht werden: Korrelationen bestehen nur dort, wo die Werte um einen Grenzbereich schwanken. Das wäre für Kalium eben in der Bodenschicht von 20-30 cm, mit K-Ionenbelägen zwischen 0,01 und 0,14 mval IEq (Ausreißer 0,17 mval IEq) und Wurzelgehalten zwischen 0,99 und 1,91 (Ausreißer 3,58 g/kg).

In 0-10 cm hingegen ist die K-Belegung mit 0,04-0,33 (0,68) mval IEq ebenso wie die K-Versorgung der Wurzel mit 1,18-2,37 g/kg in jedem Fall reichlich, es besteht daher kein Anlaß für eine gegenseitige Abhängigkeit. Ebenso kann unzureichend verfügbares K im Boden nur Mangelwerte in der Wurzel bewirken, wobei der Grad des Mangels außerhalb des Proportionalbereiches liegt.

Zwischen den K-Gehalten der Wurzeln und der Nadeln wurde keine Beziehung gefunden, d.h. es kann in Nadeln K-Mangel auch dort auftreten, wo die Wurzeln oder der Boden durchaus ausreichend mit K versorgt sind. Allerdings gilt die Einschränkung, daß

Wurzeln und Nadeln nur vom selben Standort, nicht aber als vom selben Baum identifiziert sind.

5.2.2 Calcium

0-10 cm	Ca(Bd)-Al(Wz)	$r = -0,54^{***}$
10-20 cm	Ca(Bd)-Al(Wz)	$r = -0,59^{**}$
0-10 cm	Ca(Bd)-Ca(Wz)	$r = 0,31^*$
10-20 cm	Ca(Bd)-Ca(Wz)	$r = 0,48^*$
0-10 cm	Ca(Bd)-Fe(Wz)	$r = -0,32^*$
10-20 cm	Ca(Bd)-K(Wz)	$r = 0,48^*$
20-30 cm	Ca(Bd)-K(Wz)	$r = 0,45^*$

Ca(Bd).... austauschbares Calcium im Boden

Al(Wz).... Aluminiumgehalt in Wurzel

Ca(Wz).... Calciumgehalt in Wurzel

Fe(Wz).... Eisengehalt in Wurzel

K(Wz)..... Kaliumgehalt in Wurzel

Geringer Gehalt an pflanzenverfügbarem Hauptnähstoffelement Ca im Mineralboden bis 20 cm bedingt eine vermehrte Aufnahme von Al in die Wurzel (statistisch hoch gesichert mit 0,1 bzw. 1%iger Irrtumswahrscheinlichkeit). Diese negative Beziehung gilt auch für Fe-Wurzel, nur mit 5% Irrtumswahrscheinlichkeit.

Im Gegensatz zu K besteht die negative Korrelation mit dem Al-Gehalt der Wurzeln in allen Tiefenstufen, wenn auch die Signifikanz bei 20-30 cm knapp unter dem 5%-Wert und darunter, wegen geringer Probenzahl noch weiter sinkt.

Wie zu erwarten, korrelieren Ca-Wurzel und K-Wurzel positiv mit dem Ca-Gehalt des Bodens, wobei beim Nährelement Ca in einer Tiefe von 0-20 cm und bei Wurzel-K allerdings erst von 10-30 cm die 5% Irrtumswahrscheinlichkeit überschritten wird.

Die Ca/Ca-Beziehung könnte wiederum auf Kontamination beruhen. Die Ca/K-Beziehung bedeutet immerhin, daß hier kein Antagonismus zur K-Aufnahme besteht, offenbar weil das Boden-Ca immer gering, eher im Mangelbereich ist. Eher ist ein indirekter Zusammenhang über den K-Belag im Boden anzunehmen, da Ca und K an zunehmender Basensättigung gleichermaßen beteiligt sein sollten. Nach der

Rangklassenverteilung (MUTSCH, mündliche Mitteilung) scheint dies aber nicht zuzutreffen.

5.2.3 Magnesium

0-10 cm	Mg(Bd)-K(Wz)	$r = 0,27^*$
10-20 cm	Mg(Bd)-K(Wz)	$r = 0,39^*$
0-10 cm	Mg(Bd)-Al(Wz)	$r = -0,54^{***}$
10-20 cm	Mg(Bd)-Al(Wz)	$r = -0,52^*$
10-20 cm	Mg(Bd)-Ca(Wz)	$r = 0,52^*$
20-30 cm	Mg(Bd)-Ca(Wz)	$r = 0,58^{**}$
20-30 cm	Mg(Bd)-Mn(Wz)	$r = 0,52^*$

Mg(Bd).... austauschbares Magnesium im Boden

K(Wz)..... Kaliumgehalt in Wurzel

Al(Wz).... Aluminiumgehalt in Wurzel

Ca(Wz).... Calciumgehalt in Wurzel

Mn(Wz).... Mangangehalt in Wurzel

Auch beim Element Mg im Boden und Al in Wurzel existieren negative Korrelationskoeffizienten bis in eine Mineralbodentiefe von 20 cm.

Im Hauptdurchwurzelungsbereich von 0-10cm ist diese Beziehung sogar hoch signifikant. Somit wird bei geringem Mg-Gehalt im Boden vermehrt das Al in die Wurzel aufgenommen. Da zwischen Ca und Mg im Boden - im Gegensatz zu K - eine enge Beziehung besteht, kann die Korrelation Mg (Boden) zu Al (Wurzel) auch über den Ca-Gehalt bzw. Ca+Mg-Gehalt des Bodens bestehen. Der Gesamt-vorrat im Boden ist jedoch - im Gegensatz zu Ca - z.T. recht hoch; das Mg/Ca Gesamt-Verhältnis reicht bis 5:1 gegenüber einem Mg/Ca-Verhältnis am Ionenbelag von nur 1:6.

Interessant ist, daß Mg im Boden mit Mn in der Wurzel positiv korreliert (5% Irrtumswahrscheinlichkeit), allerdings nur in der Tiefenstufe 20-30 cm. Dies bedeutet, daß die Wurzel bei einem hohen Angebot an Mg im Boden das Spurenelement Mn vermehrt aufnimmt und umgekehrt.

Dieser Effekt entsteht aber wohl indirekt über die enge Beziehung zwischen Mn-Gehalt im Boden und in der Wurzel, der in 0-20 cm Mineralbodentiefe den Vertrauensbereich von 99,99% überschreitet.

Wie zu erwarten korrelieren K und Ca in Wurzel positiv mit Mg im Boden. Die Stärke der Verknüpfung ist in den einzelnen Tiefenstufen jedoch recht unterschiedlich. Für die Tatsache, daß die Korrelation nicht in allen Tiefenstufen gleichermaßen besteht, mag dieselbe Begründung wie bei K gelten. Zwischen dem Mg (B-Auszug) Gehalt des Bodens und der Wurzel besteht kein Zusammenhang.

5.2.4 Eisen

0-10 cm	Fe(Bd)-Mg(Wz)	$r = -0,33^*$
10-20 cm	Fe(Bd)-Mg(Wz)	$r = -0,72^{***}$
30-50 cm!	Fe(Bd)-Mg(Wz)	$r = -0,86^{***}$
0-10 cm	Fe(Bd)-Fe(Wz)	$r = 0,29^*$
10-20 cm	Fe(Bd)-Fe(Wz)	$r = 0,58^{**}$
0-10 cm	Fe(Bd)-Mn(Wz)	$r = -0,33^*$
10-20 cm	Fe(Bd)-Mn(Wz)	$r = -0,56^{**}$
20-30 cm	Fe(Bd)-Mn(Wz)	$r = -0,56^*$
0-10 cm	Fe(Bd)-Al(Wz)	$r = -0,35^*$
10-20 cm	Fe(Bd)-Al(Wz)	$r = -0,42^*$
20-30 cm	Fe(Bd)-Al(Wz)	$r = -0,48^*$
10-20 cm	Fe(Bd)-Ca(Wz)	$r = -0,68^{***}$
30-50 cm!	Fe(Bd)-Ca(Wz)	$r = -0,90^{***}$

Fe(Bd).... austauschbares Eisen im Boden

Mg(Wz).... Magnesiumgehalt in Wurzel

Fe(Wz).... Eisengehalt in Wurzel

Mn(Wz).... Mangangehalt in Wurzel

Al(Wz).... Aluminiumgehalt in Wurzel

Ca(Wz).... Calciumgehalt in Wurzel

Zwischen Fe im Boden und Mg in der Wurzel ergeben sich negative Korrelationskoeffizienten mit hoher statistischer Absicherung.

Bei hohem Anteil von Fe am Sorptionskomplex im Boden wird Mg vermindert in die Wurzel aufgenommen. Diese Beziehung ist in 0-20 cm hoch signifikant, in 20-30 cm knapp nicht signifikant. Ein hoher Korrelationskoeffizient von $r = -0,84$ ergibt sich in 30 - 50 cm Mineralbodentiefe höchst gesichert für 10 Punkte (9, 19, 11, 13, 20, 21, 24, 25, 26 und BIN 28). Eine ähnlich enge negative Beziehung besteht zum Ca-Gehalt der Wurzeln (10-20 cm und 30-50 cm $r = 0,68$ bzw. $r = 0,90$ ***); auch sie spiegelt vermutlich eher das reziproke Angebot von Fe und Ca im Boden wider.

Bis in Mineralbodentiefe von 30 cm bestehen zwischen dem freien Fe im Boden und Mn bzw. Al in der Wurzel negative Korrelationen. Dies bedeutet, daß bei geringem Angebot von Fe im Boden vermehrt Mn bzw. Al in die Wurzel aufgenommen wird. Eine entsprechende negative Wechselbeziehung zwischen Fe und Al ist im Boden selbst kaum ausgeprägt.

Boden-Fe korreliert mit Wurzel-Fe von 0-20 cm Mineralbodentiefe positiv.

Auch im Boden selbst besteht eine enge negative Korrelation zwischen sorbierten Mg- und Fe-Ionen. Eine Ausnahme bilden Böden mit noch wenig freiem Al; dort ist gleichzeitig neben viel Mg, Ca, K und Mn auch viel Fe (aber wenig Al und H^+) gebunden. Dies gilt in der Glein für die Punkte 3, 10, 11, 12, 21, 25 und BIN 29, alles sonnseitige Standorte mit relativ hoher pH-Stufe ("zweitbeste" Gruppe), wo der Al-Pufferbereich noch nicht erschlossen ist. Ohne diese "Ausreißergruppe" wäre auch eine indirekte Beziehung von Fe (Boden) zu Mg(Wurzel) über Fe/Mg im Boden selbst möglich.

Die positive Beziehung der Fe-Gehalte im Boden und Wurzel könnten durch Kontamination vorgetäuscht sein; die negative zwischen Fe und Mn gilt auch innerhalb des Bodens und könnte daher auf Umwegen die positive Abhängigkeit zwischen Mn (Boden) zu Mn (Wurzel) wiedergeben.

5.2.5 Mangan

0-10 cm	Mn(Bd)-Mn(Wz)	$r = 0,63^{***} (*)$
10-20 cm	Mn(Bd)-Mn(Wz)	$r = 0,88^{****}$

Mn(Bd).... austauschbares Mangan im Boden

Mn(Wz).... Mangangehalt in Wurzel

Nimmt der Gehalt des Spurennährelementes Mn im Boden ab, so vermindert sich auch der Mn-Gehalt in der Wurzel und umgekehrt. Dies ließe auch eine Mangelsituation bei Mn im Boden der Gleinalm vermuten.

In diesem Zusammenhang ist jedoch zu bemerken, daß Mn zwar als "saures Kation" gilt, sein isoelektrischer Punkt aber noch im Silikat-Pufferbereich liegt. Daher geht es in mäßig sauren Böden zunächst mit den basischen Kationen Mg, Ca, K und ist unter pH 4,2 im Al-Pufferbereich, wo es sich parallel zu Al verhalten sollte, schon weitgehend abgetauscht.

5.2.6 Aluminium

0-10 cm	Al(Bd)-Mn(Wz)	$r = -0,38^{**}$
20-30 cm!	Al(Bd)-Mn(Wz)	$r = -0,49^{*}$
0-10 cm	Al(Bd)-Al(Wz)	$r = -0,32^{*}$
10-20 cm	Al(Bd)-Al(Wz)	$r = -0,67^{***}$
20-30 cm	Al(Bd)-Al(Wz)	$r = -0,67^{**}$
30-50 cm	Al(Bd)-Al(Wz)	$r = -0,74^{**}$
10-20 cm	Al(Bd)-Mg(Wz)	$r = -0,67^{***}$
20-30 cm	Al(Bd)-Mg(Wz)	$r = -0,67^{**}$
30-50 cm	Al(Bd)-Mg(Wz)	$r = -0,74^{**}$
10-20 cm	Al(Bd)-Fe(Wz)	$r = 0,42^{*}$

Al(Bd).... austauschbares Aluminium im Boden

Mn(Wz).... Mangangehalt in Wurzel

Al(Wz).... Aluminiumgehalt in Wurzel

Mg(Wz).... Magnesiumgehalt in Wurzel

Fe(Wz).... Eisengehalt in Wurzel

Al im Boden korreliert negativ mit Mn, Al und Mg in der Wurzel, jedoch sind hier die einzelnen Tiefenstufen zu beachten.

Eine durchgehende negative Korrelation im Mineralboden von 10-50 cm gibt es nur in der Beziehung mit Mg in Wurzel, die besagt, daß bei größerem Al-Gehalt im Boden das Hauptnähstoffelement Mg

in geringerem Maße durch die Wurzel aufgenommen wird. Im Humus der obersten Mineralboden-Schicht ist hingegen das mobile Al als Humuskomplex maskiert und physiologisch unwirksam. Trotz ebenfalls wenig verfügbarem Mg ist in dieser Tiefenstufe (0-10 cm) die Mg-Aufnahme durch Al nicht behindert. Daher besteht dort keine negative Beziehung zum Al-Gehalt.

In zwei Tiefenstufen ist eine negative Beziehung zwischen Al-Boden und Mn-Wurzel gesichert; wenn im Boden vermehrt Al vorhanden ist, dann nimmt die Wurzel weniger Mn auf.

Von Interesse ist auch, daß die Beziehung von Al im Boden und Al in Wurzel im Hauptwurzelhorizont von 0-10 cm negativ ist.

Al im Boden mit Wurzel-Fe korreliert positiv in 10-20 cm Tiefe. Im Boden selbst ist diese Relation zwar nicht erkennbar, doch enthält ein saurer Boden im allgemeinen mehr freies Fe.

Die negative Korrelation von Al (Boden) zu Mn (Wurzel) ist plausibel, weniger die zwischen Al (Boden) zu Al(Wurzel); vielleicht spielt hier der Humusgehalt (0-10 cm) eine Rolle: je saurer der Boden, desto mehr freies Al ist vorhanden, welches mit dem Humus perkoliert und daher eine geringere passive Al-Aufnahme durch die Wurzel erfolgt.

5.2.7 Protonen

0-10 cm	H(Bd)-Mg(Wz)	$r = -0,42^{**}$
10-20 cm	H(Bd)-Mg(Wz)	$r = -0,61^{**}$
20-30 cm	H(Bd)-Mg(Wz)	$r = -0,51^{*}$
30-50 cm	H(Bd)-Mg(Wz)	$r = -0,71^{*}$
0-10 cm	H(Bd)-Mn(Wz)	$r = -0,32^{*}$
0-10 cm	H(Bd)-Al(Wz)	$r = -0,67^{****}$
10-20 cm	H(Bd)-Al(Wz)	$r = -0,53^{*}$
20-30 cm	H(Bd)-Al(Wz)	$r = -0,46^{*}$
10-20 cm	H(Bd)-Ca(Wz)	$r = -0,42^{*}$
10-20 cm	H(Bd)-Fe(Wz)	$r = 0,45^{*}$

H(Bd)..... austauschbares Proton im Boden

Mg(Wz).... Magnesiumgehalt in Wurzel

Mn(Wz).... Mangangehalt in Wurzel

Al(Wz).... Aluminiumgehalt in Wurzel

Ca(Wz).... Calciumgehalt in Wurzel

Fe(Wz).... Eisengehalt in Wurzel

In Böden mit hohem Anteil von H^+ am Austauscherkomplex im Mineralboden nimmt die Wurzel Mg vermindert auf. Diese negative Korrelation gilt für sämtliche Tiefenstufen. Die Beziehung ist sehr plausibel, sie ist auch im Boden selbst gültig und bestätigt den bei Al sichtbaren Trend, daß auf sauren Böden Pflanzen weniger Mg aufnehmen.

Bei geringerem Anteil von H^+ am Austauscherkomplex nimmt die Wurzel in 0-30 cm Tiefe vermehrt Al auf.

Negativ korrelieren noch Mn und Ca in Wurzel mit H^+ aber nur mit 5% Irrtumswahrscheinlichkeit und unterschiedlicher Mineralbodentiefe. Wurzel-Fe hingegen korreliert positiv mit H^+ in 10-20 cm Tiefe.

5.2.8 Kationenaustauschkapazität (KAK) im Boden

0-10 cm	KAK(Bd)-Ca(Wz)	$r = 0,32^*$
0-10 cm	KAK(Bd)-Al(Wz)	$r = -0,66^{****}$
10-20 cm	KAK(Bd)-Al(Wz)	$r = -0,51^*$
20-30 cm	KAK(Bd)-Al(Wz)	$r = -0,47^*$
10-20 cm	KAK(Bd)-Mg(Wz)	$r = -0,50^*$
20-30 cm	KAK(Bd)-Mg(Wz)	$r = -0,53^*$

KAK(Bd).... Kationenaustauschkapazität im Boden

Ca(Wz)..... Calciumgehalt in Wurzel

Al(Wz)..... Aluminiumgehalt in Wurzel

Mg(Wz)..... Magnesiumgehalt in Wurzel

Eine negative Korrelation ergibt sich zwischen Kationenaustauschkapazität und Al in Wurzel, bei einer Mineralbodentiefe von 0-30 cm. Höchst signifikant ist diese Aussage allerdings nur bei 0-10 cm. Dies besagt, daß bei geringer Kationenaustauschkapazität die Wurzeln vermehrt Al aufnehmen.

Für Mg in Wurzel gilt die negative Beziehung erst von 10–30 cm Tiefe, wobei ebenfalls bei geringer Kationenaustauschkapazität die Wurzel vermehrt Mg aufnimmt.

Interessant dabei ist, daß sowohl ein saures als auch ein basisches Kation mit der Kationenaustauschkapazität negativ korreliert.

Die einzige Ausnahme ist Ca in Wurzel, das wie zu erwarten positiv mit der Kationenaustauschkapazität korreliert.

Die Zusammenhänge zwischen Kationenaustauschkapazität und Wurzel-Gehalten sind eher indirekt und schwer zu interpretieren: etwa leitet sich eine hohe Kationenaustauschkapazität wohl vom höheren Humusgehalt ab, der wiederum Al maskiert und so eine negative Korrelation KAK/Al vortäuscht.

5.2.9 Basensättigung im Boden

0–10 cm	V(Bd)–K(Wz)	$r = 0,31^*$
10–20 cm	V(Bd)–K(Wz)	$r = 0,41^*$
0–10 cm	V(Bd)–Ca(Wz)	$r = 0,28^*$
10–20 cm	V(Bd)–Ca(Wz)	$r = 0,72^{***}$
20–30 cm	V(Bd)–Ca(Wz)	$r = 0,60^{**}$
0–10 cm	V(Bd)–Mn(Wz)	$r = 0,41^*$
10–20 cm	V(Bd)–Mn(Wz)	$r = 0,42^*$
20–30 cm	V(Bd)–Mn(Wz)	$r = 0,72^{***}$
0–10 cm	V(Bd)–Al(Wz)	$r = -0,43^{**}$
10–20 cm	V(Bd)–Mg(Wz)	$r = 0,57^{**}$
20–30 cm	V(Bd)–Mg(Wz)	$r = 0,48^*$

V(Bd)..... Basensättigung im Boden (V-Wert)

K(Wz)..... Kaliumgehalt in Wurzel

Ca(Wz).... Calciumgehalt in Wurzel

Mn(Wz).... Mangangehalt in Wurzel

Al(Wz).... Aluminiumgehalt in Wurzel

Mg(Wz).... Magnesiumgehalt in Wurzel

Die positiven Korrelationskoeffizienten zwischen Basensättigung und basischen Kationen sind zu erwarten und ein wesentliches Ergebnis der Untersuchung: Je höher die Basensättigung, desto

besser ist die Aufnahme von K, Ca, Mn und Mg in die Wurzel, allerdings ist dies bei unterschiedlichen Tiefenstufen verschiedenen deutlich erkennbar.

Negativ korreliert nur Al in der Wurzel mit dem V-Wert im Hauptdurchwurzelungshorizont von 0-10 cm, ebenfalls ein von den Hypothesen erwarteter Effekt.

6 Schlußfolgerung

Mit Hilfe von Korrelationsberechnungen wird versucht Zusammenhänge im Chemismus zwischen Wurzel und umgebenden Bodenraum zu finden.

Wie zu erwarten, korrelieren basische Kationen (K, Ca, Mg) negativ mit den sauren (Fe und Al).

Die Ausnahme bildet das Spurenelement Mn, das sich abhängig vom Pufferbereich des Bodens sowohl als basisches als auch als saures Kation verhält.

Die Stärke der Verknüpfung ist in den einzelnen Tiefenstufen recht unterschiedlich und besteht für alle untersuchten Elemente nicht immer in kontinuierlichen 10 cm Mineralbodenstufen.

Zwischen austauschbarem K im Boden und dem Al-Gehalt in der Wurzel besteht eine hochsignifikante negative Beziehung bis in eine Mineralbodentiefe von 30 cm. Daher ist eine direkte (antagonistische) Wirkung von K-Mangel im Boden auf die Al-Aufnahme der Wurzel anzunehmen.

Eine durchgehende negative Korrelation im Mineralboden von 10-50 cm gibt es nur für Al (Boden) in Beziehung mit dem Hauptnähstoffelement Mg (Wurzel). Dies besagt, daß bei größerem Al-Gehalt im Boden das Mg in geringerem Maße durch die Wurzel aufgenommen wird.

Im Humus der obersten Mineralbodenschicht (0-10 cm) ist hingegen das mobile Al als Humuskomplex maskiert und physiologisch unwirksam.

Nimmt der Gehalt des Spurennährelements Mn im Boden ab, so vermindert sich auch der Mn-Gehalt in der Wurzel und umgekehrt, da

eine positive Beziehung besteht. Dies läßt auf eine Mangelsituation bei Mn im Boden der Gleinalm schließen.

Die positiven Korrelationskoeffizienten zwischen Basensättigung des Bodens und basischen Kationen in der Wurzel sind nicht überraschend und treffen auch für die Gleinalm zu: je höher die Basensättigung, desto besser ist die Aufnahme von K, Ca, Mg aber auch Mn in die Wurzel.

Die vielfältigen, zum Teil hoch gesicherten Korrelationen zwischen Elementgehalten im Boden und in der Wurzel decken sich gut mit den neueren Vorstellungen über die Wechselwirkungen von Bodenveränderungen auf die Wurzel. Die Ca/Al-Verhältnisse weisen weiters auf eine merkliche Labilisierung des Wurzelzustandes im Gleinalm-Gebiet hin.

Allerdings kann nicht festgestellt werden, ob durch Immissionschäden bestimmte Beziehungen zwischen Wurzel und Boden beeinflußt sind. Die vorliegende Arbeit ist für eine Grundlagenforschung im Schadensgebiet Gleinalm notwendig. Zielführende Aussagen können erst nach periodischen Untersuchungen (in 5 Jahres-Abschnitten) gemacht werden.

7 Literatur

- HÜTTERMANN, A., 1983: Immissionsschäden im Bereich der Wurzeln von Waldbäumen. Sonderheft Immissionsbelastungen von Wald-ökosystemen der LÖLF, S. 10a-14a.
- MAJER, Ch., KILIAN, W. und MUTSCH, F., 1989: Die Böden im Gleinalmgebiet. Mitt. Forstl. Bundesvers. Anst. Wien, 163/Bd. I.
- MAYER, R. und H. HEINRICHS, 1981: Gehalte von Baumwurzeln an chemischen Elementen einschließlich Schwermetallen aus Luftverunreinigungen. Z.Pflanzenernähr. Bodenk. 144:637-646.
- MATZNER, E. und E. THOMA, 1983: Auswirkungen eines saisonalen Versauerungsschubs im Sommer/Herbst 1982 auf den chemischen Bodenzustand verschiedener Waldökosysteme. Allgem. Forstzeitschr. 38:677-683.

- MEYER, F.H., 1987: Das Wurzelsystem geschädigter Waldbestände. Allgem. Forstzeitschr. 27/28/29:754-757.
- MURACH, D., 1984: Die Reaktion der Feinwurzeln von Fichten (*Picea abies* Karst.) auf zunehmende Bodenversauerung. Göttinger Bodenkundliche Berichte 77:1-126.
- TISCHNER, R., U. KAISER und A. HÜTTERMANN, 1983: Untersuchungen zum Einfluß von Aluminium-Ionen auf das Wachstum von Fichtenkeimlingen in Abhängigkeit vom pH-Wert. Forstw. Cbl. 102: 329-336.
- ULRICH, B., 1979: Die Wälder in Mitteleuropa: Meßergebnisse ihrer Umweltbelastung, Theorie ihrer Gefährdung, Prognose ihrer Entwicklung. Allgem. Forstzeitschr. 34:1198-1202.
- ULRICH, B., 1983: Stabilität von Waldökosystemen unter dem Einfluß des "sauren Regens". Allgem. Forstzeitschr. 26/27: 670-677.
- ULRICH, B. und E. MATZNER, 1983: Abiotische Folgewirkungen der weiträumigen Ausbreitung von Luftverunreinigungen. Umweltforschungsplan des Bundesministers der Inneren. Luftreinhaltung, Forschungsbericht 104 02 615, im Auftrage des Umweltbundesamtes. 221 S.
- ULRICH, B., D. PIROUZPANAH und D. MURACH, 1984: Beziehungen zwischen Bodenversauerung und Wurzelentwicklung von Fichten mit unterschiedlich starken Schadsymptomen. Forstarchiv, 55: 127-134.

ERGEBNISSE CHEMISCHER NADELANALYSEN IM UNTERSUCHUNGSGEBIET GLEIN

Klaus Stefan

1 Einleitung

Zum Zeitpunkt des Antrages der Steiermärkischen Landesregierung auf Untersuchung der Schadensursachen im Gleingraben im Jahre 1985 standen für eine Beurteilung der Nährelementversorgung bzw. Schwefel-Immissionseinwirkung im "Raum Glein" nur die Nadelwerte einiger Probebäume des Bioindikatornetzes der Entnahmen 1983 bzw. 1984 als erste Informationsunterlage zur Verfügung. Nach diesen Daten und dem Schadensbild - Vergilbung der älteren Nadeljahrgänge -, das dem von Schadensfällen in mehreren Gebieten wie in Oberösterreich (Mühlviertel) bzw. in der BRD (HÜTTL 1987, REEMTSMA 1986, REHFUESS 1983, ZECH und POPP 1983, ZÖTTL 1987) gleich, war eine Störung im Nährstoffhaushalt zu vermuten.

Im Untersuchungsgebiet Gleingraben wurde deshalb 1985 ein 32 Probebäume umfassendes "Kontrollnetz", das 1986 auf 47 Probebäume erweitert wurde, eingerichtet, um für das Schadensgebiet differenziertere Aussagen hinsichtlich Nährelementversorgung, Wirksamkeit der 1986 bzw. 1987 vorgenommenen Düngungen (KILIAN 1989) bzw. Schwefel-Immissionseinwirkungen treffen zu können. Für den vorliegenden Bericht stehen die Daten des Kontrollnetzes von Herbst-Probenahmen der Jahre 1985 bis 1987 zur Verfügung.

1985 wurde zusätzlich auch noch Nadelmaterial von je drei geschädigten (vergilbten) und je drei ungeschädigten Analysebäumen auf 5 Beobachtungsflächen, welche vom Institut für Waldwachstum und Betriebswirtschaft eingerichtet worden waren, gewonnen, um die Vermutung einer gestörten Nährelementversorgung als Ursache der Schadbilder zu prüfen bzw. damit in der Folge auch die der Störung zu eruieren. Weitere Nadelanalysedaten liegen auch noch von zwei Düngungsversuchen ("Freitag" bzw. "Liechtenstein") auf kleineren Arealen vor.

2 Probengewinnung und Analyseverfahren

Die Astprobenentnahme vom Kontrollnetz und dem Düngungsversuch "Liechtenstein" erfolgte durch die Fachabteilung für das Forstwesen des Amtes der Steiermärkischen Landesregierung gemäß den Bestimmungen der 2. Verordnung gegen forstschädliche Luftverunreinigungen; die Probengewinnung auf den "Beobachtungsflächen" im Jahre 1985 bzw. dem "Bodendüngungsversuch Freitag" im Jahre 1987 erfolgte durch die Forstliche Bundesversuchsanstalt (Institut V bzw. Institut III).

Die Schwefelgehalte wurden mit Schwefelanalysatoren LECO SC 132 bestimmt, wobei die Analysenbedingungen so gewählt wurden, daß die Vergleichbarkeit mit den in der 2. Verordnung enthaltenen Grenzwerten (Nadeljahrgang 1: 0.11 % S Gesamtschwefel; Nadeljahrgang 2 : 0.14 % S Gesamtschwefel) gewährleistet ist.

Die Stickstoffgehalte wurden maßanalytisch nach Kjeldahlaußschluß bestimmt, die übrigen Hauptnährelemente aus nassen Aufschlüssen photometrisch beziehungsweise mit Hilfe der Atom-Absorptions-Spektralanalyse.

Für die Beurteilung der Nährstoffversorgung an Hand der Nadelanalysedaten des Nadeljahrganges 1 (im Entnahmehjahr gebildet) wurden die in Tabelle 1 angeführten Werte herangezogen.

3 Ergebnisse und Besprechung

3.1 Bioindikatornetz 1983 und 1984

Für eine erste informative Beurteilung der Nährelementversorgung bzw. Schwefel-Immissionseinwirkung im "Raum Glein" standen für 1983 die Werte von 5 Proben (davon die Probe Nr. 15 aus dem Schadensgebiet) und für 1984 die Werte von 10 Proben (davon 5 Proben aus dem Gleingraben) zur Verfügung.

Die Klassifizierung der chemischen Nadelanalysedaten (siehe Tabelle 2) an Hand der in Tabelle 1 angeführten Beurteilungswerte

Tabelle 1: Beurteilungswerte der Nährelementversorgung
(Fichte - Nadeljahrgang 1)

Versorgungsklasse	% N	% P	% K	% Ca	% Mg
(1) mangelhaft	<1.30	<0.11	<0.33	<0.10	<0.07
(2) nicht ausreichend	-1.50	-0.13	-0.42	-0.36	-0.11
(3) ausreichend	>1.50	>0.13	>0.42	>0.36	>0.11

Tabelle 2: Nährelement- und Schwefelgehalte von Proben des Bioindikatornetzes
(Bezirksforstinspektion Knittelfeld/Steiermark)

Punkt	Entnahme- jahr	% N	% P	% K	% Ca	% Mg	% S
8	83	1.36	0.19	0.66	0.40	0.12	0.112
	84	1.33	0.18	0.65	0.50	0.14	0.092
10	83	1.23	0.18	0.69	0.54	0.16	0.136
	84	1.12	0.14	0.75	0.50	0.12	0.118
11	83	1.11	0.18	0.75	0.39	0.09	0.098
	84	1.08	0.14	0.71	0.48	0.09	0.076
12	83	1.17	0.18	0.71	0.31	0.08	0.144
	84	1.26	0.17	0.77	0.38	0.08	0.118
15 *	83	1.36	0.24	0.59	0.30	0.13	0.079
	84	1.12	0.14	0.54	0.17	0.07	0.091
27 *	84	1.35	0.20	0.53	0.71	0.11	0.130
28 *	84	1.19	0.15	0.43	0.17	0.08	0.092
29 *	84	1.17	0.14	0.57	0.26	0.07	0.090
30 *	84	1.03	0.12	0.64	0.33	0.10	0.069
32	84	1.22	0.17	0.42	0.20	0.08	0.063

* Gleingraben

ergab für die 1984 geworbenen Proben an vier der fünf Gleingrabenpunkte Stickstoffmangel beziehungsweise Calciumunterversorgung und an allen Punkten zumindest eine Magnesiumunterversorgung (Unterversorgung: Mangel + nicht ausreichend). Eine nicht ausreichende Stickstoffversorgung bestand auch an allen anderen Bioindikatornetzpunkten in den Jahren 1983 bzw. 1984; die dem Schadensgebiet am nächsten liegenden Punkte wiesen ebenfalls eine nicht ausreichende Magnesiumversorgung auf. Unter den bereits 1983 bearbeiteten Probepunkten wies der Punkt Nr. 15 aus dem Gleingraben von 1983 auf 1984 die stärkste Verschlechterung bzw. Veränderung der Nährelementversorgung nach den Ergebnissen der chemischen Nadelanalysen auf.

Schwefel-Immissionseinwirkungen, deren Quellen in erster Linie im Aichfeld anzunehmen sind, waren 1983 und 1984 nur bis westlich der Ortschaft Glein nachzuweisen, nicht aber an den Probepunkten im Untersuchungsgebiet des Gleingrabens.

3.2 Kontrollnetz Glein

3.2.1 Probenmaterial

Das 1985 eingerichtete Kontrollnetz umfaßte im ersten Untersuchungsjahr 32 Probebäume und wurde 1986 auf 47 Probebäume ausgedehnt. Für einen Vergleich der Jahre 1985 bis 1987 stehen aber nur die Werte von 29 der insgesamt 32 Probebäume zur Verfügung, da an 3 Probepunkten 1987 keine Beprobung vorgenommen wurde ("Netz 85"); dementsprechend stehen für einen Vergleich der Ergebnisse aus den Jahren 1986 und 1987 nur die Werte von 44 Probebäumen zur Verfügung ("Netz 86").

Von den 29 Probebäumen des "Netzes 85" blieben 22 und von den 44 Probebäumen des "Netzes 86" 28 ungedüngt. Für die Beurteilung der Wirksamkeit der ersten aviotechnischen Düngung im Jahre 1986 stehen die Werte von 7 gedüngten und 22 ungedüngten Bäumen zur Verfügung. Da 1987 auf einem Teil der Versuchsparzellen die Düngung mit Wuxal wiederholt wurde, waren die gedüngten Bäume bei den Netzen im Jahre 1987 auf die Gruppen "Wuxal-Düngung 86" und "Wuxal-Düngung 86 und 87" aufzuteilen. Von den gedüngten 16 Probebäumen entfallen 11 auf die Wuxal-Versuche (Düngung 86 bzw. 86

und 87) und 5 auf fünf weitere Düngungsvarianten (Harnstoff 86, Harnstoff+Wuxal 86/87, Nitramoncal 86, Fatteringer Blattdünger 87, BASF Blattdünger 87).

Um trotz der geringen Probebaumzahl bei den einzelnen Düngungsvarianten verbesserte Informationen über die Nährstoffversorgung und die Wirksamkeit der ab 1986 vorgenommenen Düngungsmaßnahmen zu erhalten, wurden die Gehalte der Hauptnährstoffe Stickstoff, Phosphor, Kalium, Calcium und Magnesium nicht nur im Nadeljahrgang 1, sondern auch im Nadeljahrgang 2 bestimmt.

Die Einzelwerte der Probebäume des Kontrollnetzes in den Jahren 1985 bis 1987 beziehungsweise das Probebaumalter und die Seehöhe der Probepunkte sowie die an den einzelnen Probepunkten ausgebrachten Düngerarten sind im Anhang ausgewiesen.

3.2.2 Kontrollnetz 1985

Nach den Ergebnissen der 1985 gewonnenen Nadelproben wiesen nur rund 10 Prozent der Probebäume eine ausreichende Stickstoffversorgung auf. Bei fast der Hälfte der Probebäume lag die Stickstoffversorgung nach den Ergebnissen der chemischen Nadelanalysen im Mangelbereich.

Bei den anderen analysierten Nährelementen ergab sich 1985 folgende Situation: Von den 29 Probebäumen des "Netzes 85" wies keiner Mangel hinsichtlich Phosphor oder Calcium auf, aber 5 Probebäume (17 Prozent) einen Kaliummangel und nur einer Magnesiummangel. Die gute Phosphorversorgung im Untersuchungsgebiet dokumentiert sich 1985 auch darin, daß nur bei 3 Bäumen eine nicht ausreichende Phosphorversorgung festzustellen war. Bei den drei anderen Elementen kam es dagegen wesentlich häufiger zu einer Unterversorgung (Mangel + nicht ausreichend): Nur 5 Bäume waren ausreichend mit Kalium, Calcium und Magnesium versorgt, während bei fast 60 Prozent der Probebäume des "Netzes 85" eine Unterversorgung mit mindestens zwei der drei Elemente bestand.

Der Anteil der Probebäume, die bei keinem der analysierten Elemente eine mangelhafte Versorgung aufwiesen, lag 1985 bei rund 41 Prozent. Bei rund 82 Prozent der Probebäume mit Mangel bestand dieser nur hinsichtlich eines Elements, vor allem hinsichtlich Stickstoff (11 Probebäume) gefolgt von Kalium (3 Probebäume). Nur bei drei Probebäumen bestand Mangel an 2 Elementen.

ten: Stickstoff + Magnesium bei einem Baum und Stickstoff + Kalium bei 2 Probebäumen.

Bei zwei Probebäumen des Kontrollnetzes kam es 1985 auch zu geringen Überschreitungen des Schwefel-Grenzwertes von 0.11 % S im Nadeljahrgang 1; berücksichtigt man aber auch noch die Bestimmungen des § 5 lit.a der 2. Verordnung gegen forstschädliche Luftverunreinigungen, wonach Immissionseinwirkungen auch dann anzunehmen sind, wenn in einem Untersuchungsgebiet zwischen beeinflussten und unbeeinflussten Proben Differenzen ≥ 0.03 % S bestehen, dann ergeben sich für weitere 9 Probebäume des "Netzes 85" geringe Schwefel-Immissionseinwirkungen, wofür vor allem Emissionen aus dem westlich vom Untersuchungsgebiet gelegenen Aichfeld maßgeblich sein dürften.

3.2.3. Kontrollnetz 1986 - Wuxal

Das Datenmaterial der seit 1985 bearbeiteten Probebäume ("Netz 85") wurde für die weitere Auswertung in zwei Gruppen - "1986 gedüngt" bzw. "ungedüngt" - aufgetrennt. Wie aus den Tabellen 3 und 4, in denen die Bandbreiten und Mittelwerte der Nadelanalysedaten des Nadeljahrganges 1 für die beiden Gruppen in den Jahren 1985 und 1986 ausgewiesen sind, zu ersehen ist, kam es in beiden Gruppen von 1985 auf 1986 mit Ausnahme der Magnesiummittelwerte zu gleichsinnigen Veränderungen der Mittelwerte: Zunahmen der Stickstoff-, Phosphor- bzw. Kaliummittelwerte und Abnahmen der Calciummittelwerte. Während die Zunahme des Phosphormittelwertes und die Abnahme des Calciummittelwertes bei der Gruppe der gedüngten Bäume stärker als bei der Gruppe der ungedüngten war, lag die Zunahme des Kaliummittelwertes von 1985 auf 1986 bei den ungedüngten Bäumen deutlich höher als in der Gruppe der gedüngten.

Wie aus den Tabellen 5 und 6, in denen die Häufigkeitsverteilungen der Nährelementgehalte nach den in Tabelle 1 enthaltenen Beurteilungswerten ausgewiesen sind, zu ersehen ist, kam es bei den gedüngten und ungedüngten Bäumen bei Stickstoff und Phosphor von 1985 auf 1986 nur zu Verschiebungen von einem Probebaum zwischen den "Ernährungsklassen" oder es trat keine Änderung, (wie beim Stickstoff der ungedüngten Bäume) ein. Bei den gedüngten Bäumen ergab sich auch bei Kalium nur eine geringe Verschiebung,

Tabelle 3: Glein - KONTROLLNETZ ("Netz 85")
 Bereiche und Mittelwerte der Nährelementgehalte der 1986 gedüngten
 Probabäume (n=7) in den Jahren 1985 und 1986 im Nadeljahrgang 1

Jahr	% N	% P	% K	% Ca	% Mg
1985	1.16-1.61	0.13-0.24	0.31-0.74	0.29-0.60	0.08-0.25
(ungedüngt)	1.364	0.186	0.544	0.436	0.153
1986	1.15-1.64	0.16-0.24	0.31-0.77	0.20-0.52	0.08-0.20
	1.394	0.194	0.547	0.353	0.146

Tabelle 4: Glein - KONTROLLNETZ ("Netz 85")
 Bereiche und Mittelwerte der Nährelementgehalte der ungedüngten
 Probabäume (n=22) in den Jahren 1985 bis 1987 im Nadeljahrgang 1

Jahr	% N	% P	% K	% Ca	% Mg
1985	0.98-1.56	0.13-0.22	0.22-0.79	0.20-0.56	0.08-0.28
	1.287	0.173	0.411	0.357	0.120
1986	1.10-1.52	0.13-0.23	0.30-0.80	0.16-0.48	0.08-0.22
	1.304	0.176	0.473	0.306	0.125
1987	1.01-1.49	0.12-0.21	0.28-0.67	0.12-0.40	0.07-0.17
	1.217	0.161	0.430	0.224	0.117

Tabelle 5: Glein - KONTROLLNETZ ("Netz 85")
 Häufigkeitsverteilungen der Nährelementgehalte nach den in Tabelle 1
 angeführten Klassen der 1986 nur mit Wuxal gedüngten Probabäume
 (n = 7) in den Jahren 1985 und 1986
 (Klasse: 1= "Mangel"; 2 = nicht ausreichend; 3 = ausreichend)

Klasse	% N		% P		% K		% Ca		% Mg	
	85	86	85	86	85	86	85	86	85	86
1	2	2	-	-	1	1	-	-	-	-
2	3	2	1	-	-	1	1	6	2	2
3	2	3	6	7	6	5	6	1	5	5

Tabelle 6: Glein - KONTROLLNETZ ("Netz 85")
Häufigkeitsverteilungen der Nährelementgehalte nach den in Tabelle 1 angeführten Klassen der ungedüngten Probeebäume (n=22) von 1985 bis 1987 (Klasse: 1="Mangel"; 2=nicht ausreichend; 3=ausreichend)

Klasse	% N			% P			% K			% Ca			% Mg		
	85	86	87	85	86	87	85	86	87	85	86	87	85	86	87
1	12	12	18	-	-	-	4	3	3	-	-	-	1	-	1
2	9	9	4	2	1	5	12	8	11	14	16	20	13	10	12
3	1	1	-	20	21	17	6	11	8	8	6	2	8	12	9

Tabelle 7: Glein - KONTROLLNETZ ("Netz 86")
Häufigkeitsverteilung der Nährelementgehalte nach den in Tabelle 1 angeführten Klassen der 1986 bzw. 1986 und 1987 nur mit Wuxal gedüngten Probeebäume (n = 11) in den Jahren 1986 und 1987 (Klasse: 1 = "Mangel"; 2 = nicht ausreichend; 3 = ausreichend)

Klasse	% N		% P		% K		% Ca		% Mg	
	86	87	86	87	86	87	86	87	86	87
Düngung 86 (n=7)	1	2	5	-	-	3	3	-	-	-
	2	3	2	-	1	-	1	7	7	3
	3	2	-	7	6	4	3	-	-	4
Düngung 86 und 87 (n = 6)	1	1	3	-	-	1	1	-	-	-
	2	2	1	-	-	1	-	3	4	1
	3	1	-	4	4	2	3	1	-	3

Tabelle 8: Glein - KONTROLLNETZ ("Netz 86")
Häufigkeitsverteilungen der Nährelementgehalte nach den in Tabelle 1 angeführten Klassen der ungedüngten Probeebäume (n=28) in den Jahren 1986 u. 1987 (Klasse: 1="Mangel"; 2=nicht ausreichend; 3=ausreichend)

Klasse	% N		% P		% K		% Ca		% Mg	
	86	87	86	87	86	87	86	87	86	87
1	14	22	-	-	3	5	-	-	-	1
2	11	6	1	5	9	11	19	25	13	14
3	3	-	27	23	16	12	9	3	15	13

während in der Gruppe der ungedüngten Bäume, bei denen auch der Mittelwert angestiegen war, eine deutliche Zunahme der Bäume mit einer ausreichenden Kaliumversorgung von 1985 auf 1986 festzustellen war. In beiden Gruppen kam es zu einer Verschlechterung der Calciumversorgung, die aber gemessen an der Zunahme des Anteils von Bäumen mit einer nicht ausreichenden Versorgung bei den gedüngten Bäumen stärker als bei den ungedüngten ausfiel. Auch bei der Magnesiumversorgung ergaben sich nur bei den ungedüngten Bäumen von 1985 auf 1986 Verbesserungen, während bei den gedüngten Bäumen 1986 keine Veränderungen in den Häufigkeitsverteilungen der Magnesiumversorgung zu konstatieren waren. Auch bei den Häufigkeitsverteilungen der "Mangeltypen" (siehe Tabelle 9) ergaben sich von 1985 auf 1986 bei den mit Wuxal gedüngten Probeebäumen keine Veränderungen. Ebenso wie 1985 wiesen auch 1986 4 der 7 Probeebäume keinen Mangel an einem der untersuchten Elemente auf, 2 Bäume einen Stickstoffmangel und ein Probebaum einen Kaliummangel. Bei den ungedüngten Probeebäumen ging zwar die Zahl von Probeebäumen, die keinen Mangel aufwiesen, von 1985 auf 1986 minimal zurück, im Gegensatz zum Vorjahr wies aber 1986 kein Probebaum einen Mangel an zwei Elementen auf. Auch im "Netz 86" lag der Anteil von Punkten mit Stickstoff-Mangel bei den gedüngten Bäumen 1986 wesentlich tiefer als der der ungedüngten, was aber kaum auf die Düngung zurückzuführen sein dürfte, wenn man die Ausgangslage im "Netz 85" - bei den 1986 gedüngten Bäumen 1985 geringerer Anteil von Stickstoffmangel als bei den ungedüngten - berücksichtigt.

3.2.4 Kontrollnetz 1987 - Wuxal

Wie aus den Tabellen 7 und 8 zu ersehen ist, kam es sowohl bei den 1986 bzw. 1986 und 1987 Wuxal gedüngten Probeebäumen als auch bei den ungedüngten Bäumen des "Netzes 86" im Jahre 1987 zu einer deutlichen Verschlechterung der Stickstoffversorgung. Bei einer Beurteilung der Stickstoffgehalte nach Klassen (vgl. Tabelle 1) wies 1987 kein Punkt des Kontrollnetzes - gedüngt oder eine ausreichende Versorgung mit Stickstoff auf und rund zwei Drittel der gedüngten bzw. drei Viertel der ungedüngten Probeebäume hatten eine mangelhafte Stickstoffversorgung. Die deutliche Verschlechterung der Stickstoffversorgung im Jahre 1987

wurde aber nicht nur lokal im Untersuchungsgebiet festgestellt, sondern wurde auch im westlich vom Untersuchungsgebiet gelegenen Aichfeld beobachtet, wo es auf einer Versuchsfläche ebenfalls zu einem starken Rückgang der Nadelstickstoffgehalte kam. Hiefür dürften in erster Linie die geringeren Niederschlagsmengen während der Vegetationszeit maßgeblich sein: Im Vergleich zur mittleren Niederschlagsmenge während der Vegetationszeit der Jahre 1965 bis 1984 lagen diese 1983, 1984, 1986 und 1987 zwischen 17 und 22 Prozent tiefer.

Während bei den 1987 zum zweiten Mal mit Wuxal gedüngten Probestämmen 1986 und 1987 alle eine ausreichende Phosphorversorgung zeigten, gingen die Anteile der Punkte mit einer ausreichenden Phosphorversorgung in den Gruppen der nur 1986 mit Wuxal gedüngten bzw. der ungedüngten Bäume von 1986 auf 1987 zurück. Nur bei den 1986 und 1987 mit Wuxal gedüngten Probestämmen stieg der Anteil der Probestämme mit einer ausreichenden Kaliumversorgung 1987 gegenüber 1986, während bei den ungedüngten Probestämmen für diese Klasse ein Rückgang um 25 Prozent und eine Zunahme des Punkteanteils mit Kaliummangel zu verzeichnen war.

Ebenso wie im "Netz 85" wurde auch bei allen Wuxal-gedüngten Probestämmen im "Netz 86" im Jahre 1987 eine unzureichende Calciumversorgung festgestellt, nachdem im Jahre 1986 auch nur noch ein Baum eine ausreichende Versorgung mit Calcium aufgewiesen hatte. Von den ungedüngten Bäumen des "Netzes 86" hatte dagegen 1986 noch ein Drittel eine ausreichende Calciumversorgung, dieser Anteil sank 1987 aber auf 10 Prozent ab. Nur bei den 1986 mit Wuxal gedüngten Probestämmen kam es von 1986 auf 1987 bei der Magnesiumversorgung zu keinen Veränderungen in den Häufigkeitsverteilungen der Magnesiumgehalte. Sowohl bei den ungedüngten als auch bei den mit Wuxal nachgedüngten Probestämmen ging dagegen der Anteil der Probestämme mit einer ausreichenden Versorgung zurück.

3.2.5 Kontrollnetz - Sonstige Dünger

Von fünf weiteren Düngungsversuchen (Harnstoff, Harnstoff + Wuxal), Nitromoncal, Fattinger Blattdünger, BASF-Blattdünger) die 1986 bzw. 1987 im Untersuchungsgebiet in der Forstverwaltung Hatschek angelegt wurden, sind nadelanalytische Daten von nur

jeweils einem Probebaum (Probenahmen Herbst 1986 und 1987) als informative Unterlage für eine "Bewertung" der Düngerwirksamkeit vorhanden.

Der 1986 mit Harnstoff gedüngte Probebaum 15 (Düngungsparzelle 3b) wies 1986 zwar keinen Mangel auf, war aber nur hinsichtlich Phosphor und Kalium ausreichend versorgt. Der zum Vergleich geprobte ungedüngte Baum 14, welcher ebenfalls der Altersklasse II angehört, wies dagegen eine mangelhafte Stickstoffversorgung und eine nicht ausreichende Magnesiumversorgung auf. Im Jahre 1987 war der mit Harnstoff gedüngte Probebaum weiterhin ausreichend mit Phosphor versorgt, hinsichtlich Stickstoff, Kalium und Magnesium bestand aber eine mangelhafte Versorgung und auch der Calciumwert erreichte fast den Grenzwert für Mangel. Im Vergleich zum Rückgang der Kalium-, Calcium- und Magnesiumkonzentrationen war der Rückgang der Stickstoffkonzentrationen von 1986 auf 1987 aber äußerst gering. Beim ungedüngten Vergleichsbaum ergaben sich dagegen in den Nährelementkonzentrationen von Phosphor, Kalium, Calcium und Magnesium 1987 gegenüber dem Vorjahr praktisch keine Veränderungen und auch die Stickstoffversorgung hatte sich leicht gebessert.

Der 1986 mit Harnstoff + Wuxal und 1987 mit Wuxal gedüngte Probebaum 16 (Düngungsparzelle 3b) zeigte 1986 eine ausreichende Stickstoff-, Phosphor- und Magnesiumversorgung auf; sowohl die Kalium- als auch die Calciumversorgung waren 1986 nach den Ergebnissen der chemischen Nadelanalyse nicht ausreichend. 1987 bestand bei diesem Probebaum weiterhin eine ausreichende Phosphor- bzw. Magnesiumversorgung und eine nicht ausreichende Calciumversorgung, während der Stickstoffgehalt sehr stark zurückgegangen war und fast den Mangelwert erreicht hätte. Unter der Annahme, daß die ausreichende Stickstoffversorgung im Jahre 1986 durch die Düngung zustandegekommen ist, bestand nach dem Analysergebnis von 1987 keine anhaltende Wirkung der Düngung auf die Stickstoffversorgung. Ebenso wie beim 1986 nur mit Harnstoff gedüngten Probebaum 15 kam es auch beim Probebaum 16 1987 nach dem Ergebnis der Nadelanalyse zu einer mangelhaften Kaliumversorgung.

Der 1986 mit Nitramoncal gedüngte Probebaum 40 (Düngungsparzelle 8) war 1986 mit allen Nährelementen außer Calcium ausreichend

versorgt. 1987 bestand nur noch eine ausreichende Versorgung hinsichtlich Kalium und Magnesium, während die Stickstoff-, Phosphor- und Calciumversorgung nicht ausreichend waren. Nach der Behandlung mit BASF-Blattdünger im Jahre 1987 wies der Probebaum 45 (Düngungsparzelle 9b) gegenüber dem Vorjahr vor allem eine wesentliche schlechtere Stickstoffversorgung (Mangel) auf, während bei Kalium und Magnesium geringe Zunahmen zu verzeichnen waren. Beim Probebaum 46 (Düngungsparzelle 9a), der 1987 mit Fattinger-Blattdünger behandelt worden war, kam es von 1986 auf 1987 zwar ebenfalls zu einem Anstieg des Kaliwertes, gleichzeitig aber zu einem Absinken des Calciumwertes in den Bereich der nicht ausreichenden Versorgung.

3.2.6 Düngerwirksamkeit

Die vorliegenden Analysenergebnisse deuten allgemein auf eine Verschlechterung der Nährstoffversorgung von 1985 bzw. 1986 bis 1987 im Untersuchungsgebiet hin (siehe Tabelle 6, 8 und 9) und lassen auf keine anhaltende Verbesserung der Nährelementversorgung durch die eingesetzten Düngermittel bzw. Düngermengen schließen.

Einen Hinweis auf eine Wirksamkeit der 1986 bzw. 1987 durchgeführten Düngung scheint die Beurteilung der Nährstoffversorgung nach "Mangeltypen" in den einzelnen Untersuchungsjahren zu geben.

Wie aus Tabelle 9, in der die Häufigkeitsverteilungen der "Mangeltypen" für beide Netze ausgewiesen sind, zu ersehen ist, kam es im "Netz 85" bei den ungedüngten Probepunkten von 1986 auf 1987 zu einem wesentlich stärkeren Rückgang der Zahl von Bäumen ohne Mangel als bei den gedüngten. Beim "Netz 86", dem größeren Kollektiv, war dieser positive Effekt dagegen nicht festzustellen, denn auch bei den beiden gedüngten Gruppen kam es - in Summe betrachtet - zu einem Rückgang der Zahl von Bäumen ohne Mangel und zu Zunahmen bei den "Mangeltypen" Stickstoff bzw. Stickstoff + Kalium.

Wie aus den Tabellen 10 bis 12, in denen die Bereiche und Mittelwerte der Nährelementgehalte im Nadeljahrgang 2 der gedüngten bzw. ungedüngten Probebäume und die Verhältnisse der Nährelementgehalte zwischen den Nadeljahrgängen 2 und 1 für beide Grup-

Tabelle 9: Glein - KONTROLLNETZ

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

		"NETZ 85" (n = 29)								
		Ungedüngt			Düngung 86			Düngung 86 und 87		
		85	86	87	85	86	87	85	86	87
Mangeltyp	N	9	12	16	1	1	2	1	1	1
	K	2	3	1	-	-	-	1	1	-
	Mg	-	-	1	-	-	-	-	-	-
	NK	2	-	2	-	-	-	-	-	1
	NMg	1	-	-	-	-	-	-	-	-
KEIN Mangel		8	7	2	3	3	2	1	1	1

		"NETZ 86" (n = 39)					
		Ungedüngt		Düngung 86		Düngung 86 und 87	
		86	87	86	87	86	87
Mangeltyp	N	14	20	1	3	1	2
	K	3	1	1	-	1	-
	Mg	-	1	-	-	-	-
	NK	-	2	1	2	-	1
	NMg	-	-	-	-	-	-
KEIN Mangel		11	4	4	2	2	1

Tabelle 10: Glein - KONTROLLNETZ ("Netz 85")

Bereiche und Mittelwerte der Nährelementgehalte der 1986 gedüngten Probestämme (n=7) in den Jahren 1985 und 1986 im Nadeljahrgang 2

Jahr	% N	% P	% K	% Ca	% Mg
1985	1.09-1.45	0.10-0.19	0.26-0.65	0.37-0.64	0.07-0.20
ungedüngt	1.246	0.137	0.494	0.489	0.131
1986	1.07-1.33	0.10-0.19	0.27-0.63	0.43-0.72	0.08-0.19
	1.187	0.141	0.486	0.564	0.131

Tabelle 11: Glein - KONTROLLNETZ ("Netz 85")
 Bereiche und Mittelwerte der Nährelementgehalte der ungedüngten
 Proebäume (n=22) in den Jahren 1985 bis 1987 im Nadeljahrgang 2

Jahr	% N	% P	% K	% Ca	% Mg
1985	1.02-1.55 1.216	0.09-0.20 0.136	0.19-0.72 0.377	0.19-0.77 0.459	0.06-0.24 0.114
1986	1.98-1.28 1.134	0.09-0.19 0.139	0.16-0.76 0.395	0.25-0.75 0.465	0.06-0.20 0.118
1987	1.86-1.34 1.048	0.07-0.18 0.110	0.19-0.49 0.320	0.25-0.75 0.428	0.07-0.19 0.124

Tabelle 12: Glein - KONTROLLNETZ ("Netz 85")
 Verhältnis der mittleren Nährelementgehalte im Nadeljahrgang 2
 zu den mittleren Nährelementgehalten im Nadeljahrgang 1 (=1.00)
 der 1986 mit Wuxal gedüngten und ungedüngten Proebäume

	Jahr	N2:N1	P2:P1	K2:K1	Ca2:Ca1	Mg2:Mg1
Gedüngt (n=7)	85	0.92	0.74	0.92	1.15	0.86
	86	0.86	0.73	0.91	1.65	0.90
Ungedüngt (n=22)	85	0.95	0.79	0.97	1.30	0.95
	86	0.87	0.79	0.82	1.63	0.94

Tabelle 13: Glein - KONTROLLNETZ ("Netz 85")
 Bereiche und Mittelwerte der Nährelementgehalte der ungedüngten
 Proebäume (n=22) in den Höhenstufen unter und über 1400 Meter Seehöhe
 in den Jahren 1985 bis 1987

Jahr	m SH(n)	% N	% P	% K	% Ca	% Mg
85	-1400	1.11-1.56	0.13-0.22	0.32-0.79	0.25-0.56	0.08-0.28
	(9)	1.311	0.176	0.453	0.417	0.139
	>1400	0.98-1.40	0.13-0.21	0.22-0.55	0.20-0.45	0.06-0.16
	(13)	1.271	0.171	0.384	0.316	0.108
86	-1400	1.10-1.52	0.14-0.22	0.32-0.80	0.21-0.48	0.09-0.22
	(9)	1.278	0.176	0.502	0.331	0.138
	>1400	1.15-1.46	0.13-0.23	0.30-0.56	0.16-0.41	0.08-0.16
	(13)	1.322	0.177	0.465	0.288	0.116
87	-1400	1.01-1.49	0.12-0.20	0.28-0.67	0.16-0.40	0.10-0.17
	(9)	1.223	0.166	0.422	0.260	0.140
	>1400	1.09-1.43	0.12-0.21	0.35-0.56	0.12-0.34	0.07-0.14
	(13)	1.212	0.182	0.447	0.199	0.101

pen ausgewiesen sind, zu ersehen ist, bestanden zwischen den Gruppen der gedüngten bzw. ungedüngten Probestämme Unterschiede in der Entwicklung beim Kalium- und Calciumnadeljahrgangsquotienten. Bei den ungedüngten Probestämmen lag der Kaliumgehalt des Nadeljahrganges 2 ab 1986 wesentlich stärker unter den Werten des Nadeljahrganges 1 als bei den gedüngten Probestämmen; bei Calcium kam es 1987 dagegen bei der Gruppe der ungedüngten Probestämme des "Netzes 85" zu einer wesentlich stärkeren Zunahme des Nadeljahrgangsquotienten als bei den gedüngten, was unter anderem auch mit antagonistischen Effekten zu erklären wäre. Im Gegensatz zum Nadeljahrgang 1 ging der mittlere Stickstoffgehalt im Nadeljahrgang 2 beider Gruppen seit 1985 ständig zurück.

3.2.7 Kontrollnetz ("Netz 85") - Höhenlage und Baumalter

Auf Grund der Höhendifferenzen im Kontrollnetz (1030 bis 1630 m) und des unterschiedlichen Alters (80 bis 150 Jahre) wurde auch eine Auswertung der Nährelementdaten nach Höhenlage bzw. Baumalter vorgenommen um einen Einblick in die Bedeutung dieser beiden Faktoren auf den Ernährungszustand der Fichten im Untersuchungsgebiet zu gewinnen.

Höhenlage

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

Die Mittelwerte von Calcium und Magnesium lagen in allen drei Untersuchungsjahren in den Proben der Höhenstufe 2 deutlich unter den Werten der Proben der Höhenstufe 1. In beiden Höhenstufen kam es seit 1985 zu einem stetigen Rückgang der Calciummittelwerte. Während der Magnesiummittelwert der Höhenstufe 1 von 1985 bis 1987 annähernd gleich blieb und nur die Maximalwerte ständig zurückgingen, kam es in der Höhenstufe 2 von 1986 auf 1987 zu einem deutlichen Rückgang des Magnesiummittelwertes, nachdem dieser von 1985 auf 1986 angestiegen war. Von 1985 auf 1986 kam es in beiden Höhenstufen auch zu einem Anstieg der Kaliummittelwerte, die 1987 aber wieder zurückgingen, wobei der Kaliummittelwert der Höhenstufe 1 unter dem Wert des Jahres 1985 absank und geringer als der der Höhenstufe 2 war (Tabelle 13).

Unterschiedliche Entwicklungen waren auch bei den Stickstoff- und Phosphormittelwerten in den beiden Höhenstufen festzustellen. In der Höhenstufe 2 stieg der Phosphormittelwert von 1985 bis 1987 ständig an, während er in der Höhenstufe 1 1985 und 1986 gleich war und von 1986 auf 1987 deutlich absank. Bei Stickstoff kam es in der Höhenstufe 1 seit 1985 zu einem ständigen Rückgang der Mittelwerte, während der Stickstoffmittelwert der Probebäume über 1400 Meter nach einem Anstieg von 1985 auf 1986 erst im Folgejahr absank.

Der Vergleich dieser Ergebnisse mit den Mittelwerten des Gesamtkollektivs der ungedüngten Probebäume im "Netz 85" (siehe Tabelle 4) zeigt, daß die Ergebnisse des Gesamtkollektivs hinsichtlich Stickstoff, Phosphor und Magnesium wesentlich von den Ergebnissen der Höhenstufe 2 bestimmt werden.

Durch die unterschiedliche Entwicklung der Nährstoffgehalte in den beiden Höhenstufen ergab sich auch eine unterschiedliche Entwicklung der Nährelementversorgung nach Klassen entsprechend Tabelle 1 bzw. in den Häufigkeitsverteilungen der "Mangeltypen", (Tabellen 14 und 15). Während bei den Probebäumen bis 1400 Meter von 1985 bis 1987 eine stetige Zunahme der Zahl der Bäume mit Stickstoffmangel (allein oder in Kombination mit Kaliummangel) und eine Abnahme bei der Zahl von Punkten ohne Mangel bestand, kam es bei den Probebäumen über 1400 Meter erst von 1986 auf 1987 zu einer deutlichen Abnahme bei der Zahl von Punkten ohne Mangel und zu einem Anstieg bei der Zahl von Punkten mit Stickstoffmangel, welcher (allein oder in Kombination mit Kalium- bzw. Magnesiummangel) von 1985 auf 1986 in dieser Höhenstufe geringfügig zurückgegangen war.

Auf Grund der unterschiedlichen Entwicklungen einiger Nährelementgehalte in den beiden Höhenstufen, kam es auch zu unterschiedlichen Entwicklungen der Nährelementquotienten, deren Mittelwerte in Tabelle 16 ausgewiesen sind. Die unterschiedlichen Veränderungen der (Stickstoff-, Kalium- und Magnesiumgehalte) in den beiden Höhenstufen bewirkte von 1985 bis 1987 einerseits in der Höhenstufe 2 eine ständige Abnahme der Quotienten N/K bzw. P/K und einen Anstieg des K/Mg Verhältnisses und andererseits in der Höhenstufe 1 eine ständige Abnahme der Quotienten N/Mg bzw. P/Mg. Im Zusammenhang mit dem ständigen

Tabelle 14: Glein - KONTROLLNETZ ("Netz 85")

Häufigkeitsverteilungen der Nährelementgehalte nach den in Tabelle 1 angeführten Klassen der ungedüngten Probebäume (n=22) in den Höhenstufen unter und über 1400 Meter Seehöhe in den Jahren 1985 bis 1987 (Klasse: 1=Mangel; 2=nicht ausreichend; 3= ausreichend)

	m SH	n	1985			1986			1987		
			(1)	(2)	(3)	(1)	(2)	(3)	(1)	(2)	(3)
% N	-1400	9	5	3	1	6	2	1	7	2	-
	>1400	13	7	6	-	6	7	-	11	2	-
% P	-1400	9	-	1	8	-	-	9	-	2	7
	>1400	13	-	1	12	-	1	12	-	3	10
% K	-1400	9	1	6	2	1	4	4	3	4	2
	>1400	13	3	6	4	2	4	7	-	7	6
% Ca	-1400	9	-	4	5	-	6	3	-	7	2
	>1400	13	-	10	3	-	10	3	-	13	-
% Mg	-1400	9	-	4	5	-	3	6	-	3	6
	>1400	13	1	8	4	-	8	5	1	9	3

Tabelle 15: Glein - KONTROLLNETZ ("Netz 85")

Häufigkeitsverteilungen der "Mangeltypen" der ungedüngten Probebäume (n=22) in den Höhenstufen unter und über 1400 Meter Seehöhe in den Jahren 1985 bis 1987

m SH(n)	Jahr	M a n g e l t y p				NK	NMg	KEIN Mangel
		N	K	Mg				
-1400 (9)	85	1	-	-	-	-	-	3
	86	6	1	-	-	-	-	2
	87	5	1	-	2	-	-	1
>1400 (13)	85	4	1	-	2	1	-	5
	86	6	2	-	-	-	-	5
	87	11	-	1	-	-	-	1

Tabelle 16: Glein - KONTROLLNETZ ("Netz 85")

Mittelwerte der Nährelementquotienten (Nadeljahrgang 1) der ungedüngten Probebäume (n=22) in den Höhenstufen unter und über 1400 Meter Seehöhe in den Jahren 1985 bis 1987

	-1400 m			>1400 m		
	85	86	87	85	86	87
N : P	8.62	7.38	7.59	7.43	7.65	7.87
N : K	3.28	2.90	3.20	3.57	3.05	2.81
N : Ca	3.33	4.22	5.09	4.24	5.01	6.62
N : Mg	10.50	10.01	9.08	12.28	11.92	12.63
P : K	0.44	0.39	0.42	0.46	0.40	0.36
P : Ca	0.45	0.57	0.70	0.58	0.68	0.86
P : Mg	1.43	1.38	1.25	1.65	1.57	1.61
K : Ca	1.14	1.55	1.70	1.27	1.75	2.38
K : Mg	3.66	3.85	3.00	3.80	4.09	4.52
Ca : Mg	3.30	2.59	1.89	3.09	2.57	2.02

Tabelle 19: Glein - KONTROLLNETZ ("Netz 85")

Häufigkeitsverteilung der Nährelementgehalte nach den in Tabelle 1 angeführten Klassen der ungedüngten Probeebäume (n=22) in den Altersgruppen bis und über 100 Jahre von 1985 bis 1987
(Klasse: 1=Mangel; 2=nicht ausreichend; 3=ausreichend)

Alter	1985			1986			1987		
	(1)	(2)	(3)	(1)	(2)	(3)	(1)	(2)	(3)
% N -100	6	5	-	5	5	1	9	2	-
>100	6	4	1	7	4	-	9	2	-
% P -100	-	1	10	-	-	11	-	3	8
>100	-	1	10	-	1	10	-	2	9
% K -100	1	6	4	2	3	6	2	5	4
>100	3	6	2	1	5	5	1	6	4
%Ca -100	-	9	2	-	9	2	-	10	1
>100	-	5	6	-	7	4	-	10	1
%Mg -100	1	5	5	-	5	6	-	5	6
>100	-	7	4	-	5	6	1	7	3

Tabelle 20: Glein - KONTROLLNETZ ("Netz 85")

Häufigkeitsverteilung der "Mangeltypen" der ungedüngten Probeebäume (n=22) in den Altersgruppen bis und über 100 Jahre von 1985 bis 1987

Alter	M a n g e l t y p e n					KEIN Mangel
	N	K	Mg	NK	NMg	
1985 -100	5	1	-	-	1	4
>100	4	1	-	2	-	4
1986 -100	5	2	-	-	-	4
>100	7	1	-	-	-	3
1987 -100	8	1	-	1	-	1
>100	8	-	1	1	-	1

3.2.8 Kontrollnetz-Schwefel-Immissionseinwirkungen 1986 und 1987
Ebenso wie 1985 kam es auch in den beiden folgenden Jahren im Kontrollnetz zu Überschreitungen der Grenzwerte für Schwefel der 2. Verordnung gegen forstschädliche Luftverunreinigungen.

1986 wiesen 6 Probebäume und 1987 3 Probebäume des "Netzes 85" Überschreitungen des Grenzwertes von 0.11 μ g S im Nadeljahrgang 1 auf; beim "Netz 86" war dies 1986 bei 9 Probebäumen und 1987 bei 5 Probebäumen der Fall. Während 1985 von den Probebäumen des "Netzes 85" weitere 9 Bäume Überschreitungen des "lokalen Grenzwertes" (mit geringen Immissionseinwirkungen) aufgewiesen hatten, war dies beim "Netz 85" in den beiden folgenden Jahren nur noch bei 2 bzw. 3 Probebäumen der Fall; beim "Netz 86" wiesen 1986 und 1987 jeweils 4 Probebäume Überschreitungen des lokalen Grenzwertes auf. Seit 1985 ging der Anteil von Probebäumen, die Überschreitungen der Grenzwerte (0.11 μ g S bzw. jährlich lok. Grenzwert) aufwiesen, beim "Netz 85" ständig zurück; während es 1985 nach den Ergebnissen der chemischen Nadelanalysen noch bei fast 40 Prozent der Probebäume zu Schwefel-Immissionseinwirkungen gekommen war, lag dieser Anteil 1987 nur noch knapp über 20 Prozent. Gemessen an der Zahl von Punkten mit Überschreitungen des Grenzwertes von 0.11 μ g S im Nadeljahrgang 1 bestand während der drei Untersuchungsjahre aber 1986 der stärkste Immissions-einfluß. Sowohl beim "Netz 85" als auch beim "Netz 86" ging die Zahl der Bäume, die Überschreitungen des zuletzt genannten Grenzwertes aufwiesen von 1986 auf 1987 auf die Hälfte bzw. fast die Hälfte zurück.

Nach der Lage der Probebäume mit Grenzwertüberschreitungen von 0.11 μ g S ist auch für die Jahre 1986 und 1987 vornehmlich eine Zuwehung aus dem Aichfeld anzunehmen.

Als Erklärung der Tatsache, daß mit den registrierenden Meßgeräten und integralen Meßkerzen im Gegensatz zu den Ergebnissen der Nadelanalysen keine Schwefel-Immissionen festgestellt wurden (SMIDT 1989), sei darauf hingewiesen, daß von den Probebäumen des "Netzes 86" mit Grenzwertüberschreitungen (0.11 μ g S) 70 Prozent in Höhen über 1300 m stocken und das Areal mit Immissions-einwirkungen nicht dem Haupttalverlauf folgt.

3.3. Beobachtungsflächen Glein

(Institut für Waldwachstum und Betriebswirtschaft)

3.3.1 Probenmaterial

Im Herbst 1985 wurde von Analysestämmen, die vom Institut für Waldwachstum und Betriebswirtschaft auf 5 Beobachtungsflächen geworben wurden, Nadelmaterial von jeweils 3 gesunden und 3 verfärbten bzw. verlichteten Bäumen vom 5. Quirl und vom Hauptsproß gewonnen. Die Einzelbaumwerte der Nährelement- und Schwefelgehalte sind im Anhang ausgewiesen; die Standorts- und Bestandesdaten der 5 Beobachtungsflächen sind im Beitrag von RÖSSLER (1989) angeführt. Am frischen Nadelmaterial wurde stichprobenweise die Nadellänge und die Länge des Terminaltriebes erhoben. Beim nadeljahrgangsweise getrennten Material wurde nach dem Trocknen das 100-Nadelgewicht bestimmt.

3.3.2 Nährelementgehalte und Nadelmerkmale

Wie aus den Tabellen 21 und 22, in denen die Bereiche und Mittelwerte der Nährelementgehalte im Nadeljahrgang 1 bzw. 2 des 5.Quirls und in den Nadeln des Terminaltriebes für die Gruppen der gesunden und vergilbten Bäume getrennt ausgewiesen sind, zu ersehen ist, lagen die Phosphor- und Kaliumwerte in beiden Nachschadensbild dürfte aber der Unterschied bei der Zahl von Bäumen mit Kaliummangel sein. Während von den Bäumen mit gesund eingestuften Kronen nur einer (rd. 7 Prozent) Kaliummangel aufwies, waren dies in der Gruppe der Bäume mit vergilbten Kronen 7, was einem prozentuellen Anteil von rund 47 Prozent entspricht.

Bei der Stickstoffversorgung wies die Gruppe der gesunden Bäume weit weniger oft als die der vergilbten eine ausreichende Stickstoffversorgung auf; bei den vergilbten lag andererseits aber die Zahl der Bäume mit Stickstoffmangel geringfügig über der der Gruppe mit gesunden Kronen.

In den Häufigkeitsverteilungen der Calciumversorgung nach Klassen bestand zwischen den beiden Gruppen kein Unterschied.

Bei den Häufigkeitsverteilungen der Magnesiumversorgung lag die Zahl der Bäume mit einer ausreichenden Versorgung bei der Gruppe der gesunden Probestämme etwas über der mit vergilbten Kronen. Magnesiummangel bestand nach den Ergebnissen der chemischen

Tabelle 21: Glein - BEOBACHTUNGSFLÄCHEN 1985

Bereiche und Mittelwerte der Nährelementgehalte im Nadeljahrgang 1 und 2 der vom 5.Quirl grüner und vergilbter Bäume gewonnenen Proben

	NJ	Grün (n = 15)		Vergilbt (n = 15)	
		Bereich	Mittel	Bereich	Mittel
% N	1	1.26-1.52	1.403	1.12-1.75	1.418
	2	1.08-1.40	1.256	0.90-1.76	1.251
% P	1	0.14-0.30	0.211	0.13-0.26	0.190
	2	0.13-0.32	0.187	0.09-0.22	0.153
% K	1	0.23-0.92	0.557	0.19-0.76	0.383
	2	0.24-0.75	0.451	0.16-0.73	0.325
% Ca	1	0.23-0.45	0.325	0.18-0.91	0.319
	2	0.28-0.72	0.473	0.19-0.91	0.477
% Mg	1	0.10-0.19	0.136	0.09-0.19	0.133
	2	0.08-0.19	0.131	0.07-0.29	0.149

Tabelle 22: Glein - BEOBACHTUNGSFLÄCHEN 1985

Bereiche und Mittelwerte der Nährelementgehalte vom Terminaltrieb grüner und vergilbter Bäume gewonnenen Proben

	Grün (n = 14)		Vergilbt (n = 14)	
	Bereich	Mittel	Bereich	Mittel
% N	1.13-1.47	1.320	1.09-1.74	1.356
% P	0.15-0.36	0.225	0.14-0.27	0.197
% K	0.42-0.83	0.574	0.20-0.99	0.371
% Ca	0.26-0.59	0.374	0.14-0.69	0.385
% Mg	0.09-0.20	0.139	0.09-0.19	0.139

Tabelle 23: Glein - BEOBACHTUNGSFLÄCHEN 1985

Verhältnis der mittleren Nährelementgehalte im Nadeljahrgang 2 zu den mittleren Nährelementgehalten im Nadeljahrgang 1 (=1.00) der grünen und vergilbten Probebäume

	Grün (n=15)	Vergilbt (=15)
N2 : N1	0.89	0.85
P2 : P1	0.86	0.79
K2 : K1	0.81	0.83
Ca2 : Ca1	1.29	1.43
Mg2 : Mg1	0.92	1.05

Nadelanalysen des Nadeljahrganges 1 vom 5.Quirl keiner.

Bei einer Klassifizierung der Nährelementgehalte des Terminaltriebes (siehe Tabelle 25) an Hand der in Tabelle 1 angeführten Beurteilungswerte bestand im Zusammenhang mit der Abnahme des Stickstoffgehaltes vom 5.Quirl zum Terminaltrieb in beiden Gruppen nach den Werten des Terminaltriebes häufiger ein Stickstoffmangel und bei den verlichteten Bäumen häufiger ein Mangel an Kalium.

Sowohl nach den Ergebnissen der Nadeln des 5.Quirls als auch nach denen des Terminaltriebes lag die Zahl der Probebäume ohne Nährelementmangel bei den Bäumen mit gesund eingestuften Kronen deutlich höher als bei den Bäumen mit verlichteten Kronen. Während nach den Nadelwerten des 5.Quirls rund ein Viertel der gesunden Bäume Mangel an einem Nährelement hatte, war dies bei fast 50 Prozent der Bäume mit verlichteten Kronen der Fall, wobei bei der Hälfte dieser Bäume Mangel nicht nur an einem Element, sondern Mangel an Stickstoff und Kalium bestand (siehe Tabelle 26).

Nach den Ergebnissen der Terminaltriebnnadeln lag der Anteil der Probebäume, ohne Mangel in beiden Gruppen unter dem Resultat nach den Ergebnissen des 5.Quirls. Der Anteil der Bäume ohne Mangel war bei den gesunden aber doppelt so hoch wie bei den verlichteten Probebäumen. Während bei den gesunden Probebäumen nach den Ergebnissen des Terminaltriebes gegenüber denen des 5.Quirls ein deutlicher Anstieg des Anteils mit alleinigem Stickstoffmangel zu verzeichnen war, war dies bei den geschädigten Bäumen beim "Mangeltyp NK" der Fall (siehe Tabelle 27).

Daß die unterschiedlichen Schadbilder aber nicht mit den bisher aufgezeigten Unterschieden der Mangelhäufigkeit allein erklärbar sein dürften, ergibt sich u.a. auch aus der Tatsache, daß z.B. die Häufigkeit von Mangel an Kalium bei den Bäumen mit verlichteten bzw. vergilbten Kronen auf den einzelnen Beobachtungsflächen verschieden stark auftrat. Deutlicher zeichnet sich dagegen die Möglichkeit einer unterschiedlichen Stickstoff- bzw. Kaliumversorgung als Grund des unterschiedlichen Kronenzustandes ab, wenn man bei Kalium die Unterversorgung (Klassen Mangel + nicht ausreichend) ins Kalkül zieht (siehe Tabelle 24) oder die Nährstoffbalancen berücksichtigt (siehe Tabelle 28). Während von

Tabelle 24: Glein - BEOBACHTUNGSFLÄCHEN 1985
Häufigkeitsverteilungen der Nährelementgehalte nach den in Tabelle 1
angeführten Klassen der 1985 am 5.Quirl von grünen und vergilbten
Bäumen gewonnenen Nadelproben (Nadeljahrgang 1)
(Klasse: 1 = "Mangel"; 2 = nicht ausreichend; 3 = ausreichend)

	Grün (n = 15)			Vergilbt (n = 15)		
	(1)	(2)	(3)	(1)	(2)	(3)
% N	3	11	1	5	4	6
% P	-	-	15	-	1	14
% K	1	2	12	7	5	3
% Ca	-	10	5	-	10	5
% Mg	-	3	12	-	5	10

Tabelle 25: Glein - BEOBACHTUNGSFLÄCHEN 1985
Häufigkeitsverteilungen der Nährelementgehalte nach den in Tabelle 1
angeführten Klassen der 1985 am Terminaltrieb von grünen und
vergilbten Bäumen gewonnenen Nadelproben (Nadeljahrgang 1)
(Klasse: 1 = "Mangel"; 2 = nicht ausreichend; 3 = ausreichend)

	Grün (n = 14)			Vergilbt (n = 14)		
	(1)	(2)	(3)	(1)	(2)	(3)
% N	6	8	-	7	4	3
% P	-	-	14	-	-	14
% K	-	1	13	9	-	5
% Ca	-	8	6	-	6	8
% Mg	-	2	12	-	4	10

Tabelle 26: Glein - BEOBACHTUNGSFLÄCHEN 1985
Häufigkeitsverteilungen der "Mangeltypen" nach den Werten des
Nadeljahrganges 1 vom 5.Quirl grüner und vergilbter Bäume

	Grün (n = 15)		Vergilbt (n = 15)	
"Mangeltyp" N	3		1	
K	1		3	
NK	-		4	
Kein Mangel	11		7	

Tabelle 27: Glein - BEOBACHTUNGSFLÄCHEN 1985
Häufigkeitsverteilungen der "Mangeltypen" nach den Werten der
Nadelproben vom Terminaltrieb grüner und vergilbter Bäume

	Grün (n = 14)		Vergilbt (n = 14)	
"Mangeltyp" N	6		1	
K	-		3	
NK	-		6	
Kein Mangel	8		4	

Tabelle 28: Glein - BEOBACHTUNGSFLÄCHEN 1985

Bereiche und Mittelwerte der Nährelementquotienten (5.Quirl)
im Nadeljahrgang 1 und 2 der grünen und vergilbten Probestämme

		Grün (n=15)		Vergilbt (n=15)	
NJ		Bereich	Mittel	Bereich	Mittel
N:P	1	4.80 - 9.33	6.93	5.95 - 10.18	7.62
	2	3.88 - 10.61	7.32	5.43 - 12.29	8.42
N:K	1	1.63 - 6.09	2.78	1.64 - 6.58	4.20
	2	1.87 - 5.54	3.04	2.07 - 7.20	4.41
N:Ca	1	3.20 - 6.09	4.50	2.79 - 6.94	4.76
	2	1.70 - 4.93	3.14	1.25 - 3.82	3.00
N:Mg	1	7.58 - 14.00	10.56	8.19 - 15.00	10.86
	2	6.74 - 17.50	10.35	3.93 - 17.43	9.30
P:K	1	0.20 - 1.22	0.48	0.26 - 0.95	0.56
	2	0.19 - 1.17	0.46	0.26 - 0.91	0.54
P:Ca	1	0.38 - 1.22	0.68	0.33 - 1.11	0.64
	2	0.19 - 1.03	0.46	0.17 - 0.84	0.37
P:Mg	1	1.00 - 2.55	1.58	1.00 - 1.85	1.45
	2	0.93 - 3.20	1.50	0.70 - 2.00	1.13
K:Ca	1	0.93 - 2.92	1.76	0.62 - 4.22	1.34
	2	0.42 - 2.14	1.15	0.36 - 3.21	0.84
K:Mg	1	2.09 - 7.00	4.13	1.58 - 6.91	2.93
	2	1.58 - 6.00	3.85	1.05 - 7.63	2.54
Ca:Mg	1	1.86 - 4.00	2.42	1.64 - 3.00	2.37
	2	2.64 - 5.00	3.41	2.38 - 4.71	3.20

den gesunden Bäumen 80 Prozent eine ausreichende Kalium-Versorgung aufwiesen, lag dieser Anteil bei den vergilbten Bäumen nur bei 20 Prozent und verteilte sich gleichmäßig auf 3 Flächen.

Wie Tabelle 28, in der die Bereiche und Mittelwerte der Nährelementquotienten im Nadeljahrgang 1 und 2 für beide Gruppen ausgewiesen sind, zeigt, bestanden zwischen den Bäumen mit gesunden und vergilbten Kronen vor allem Unterschiede bei den Mittelwerten der Nährstoffquotienten N/K und K/Mg, wobei im ersteren Fall auch noch die geringeren Stickstoffgehalte der gesunden Bäume eine Rolle spielen. Nimmt man die günstigen Bereiche von N:K mit 1.5 bis 4.5 und von K:Mg mit 2.8 bis 6.8 an, dann weisen von den vergilbten Bäumen 40 Prozent höhere N/K Quotienten als 4.5 und 60 Prozent K/Mg Quotienten unter 2.81 auf.

Bei den Nadelmerkmalen (Länge und Gewicht) ergaben sich zwischen den Gruppen der gesunden und vergilbten Bäume keine größeren Unterschiede (siehe Tabelle 29). Deutliche Unterschiede bestanden dagegen zwischen den Mittelwerten bzw. den Maximalwerten der Terminaltrieblänge, die bei den gesunden Bäumen mehr als den doppelten Wert der vergilbten Bäume erreichten.

Im Nadeljahrgang des 5.Quirls und in den Nadeln des Terminaltriebes bei den gesunden Bäumen deutlich über den entsprechenden Werten der vergilbten Bäume. Mit Ausnahme von Kalium bei den Terminaltriebproben lagen die Maximalwerte von Phosphor und Kalium der gesunden Bäume über denen der vergilbten. Bei den Stickstoff- und Calciummittelwerten bestanden zwischen den beiden Gruppen in beiden Nadeljahrgängen vom 5.Quirl kaum Unterschiede. Die Phosphor- bzw. Kaliummittelwerte (5.Quirl) lagen bei den gesunden Bäumen im Nadeljahrgang 1 dagegen rund 11 bzw. 45 Prozent über den entsprechenden Mittelwerten der Bäume mit verlichteten Kronen. Auch bei den Mittelwerten des Nadeljahrganges 2 ergibt sich bei diesen beiden Nährelementdaten ein ähnliches Bild, wobei der Unterschied bei Phosphor aber noch größer als im Nadeljahrgang 1 ist. Die Magnesiummittelwerte der gesunden Bäume lagen im Nadeljahrgang 1 zwar etwas höher als bei den vergilbten Bäumen, im Nadeljahrgang 2 war es jedoch umgekehrt.

Wie aus Tabelle 23, in der die Mittelwerte der Verhältnisse der einzelnen Nährelementgehalte im Nadeljahrgang 2 zum Nadeljahrgang 1 ausgewiesen sind, bestanden zwischen den Bäumen mit ge-

Tabelle 29: Glein - BEOBACHTUNGSFLÄCHEN 1985

Bereiche und Mittelwerte der Nadelmerkmale und Terminaltrieblängen der gesunden und vergilbten Probebäume

			Gesund		Vergilbt	
NJ			Krone	Terminal- trieb	Krone	Terminal- trieb
Nadellänge (mm)	1	Bereich Mittel	13.7-17.0 15.3	13.0-16.0 14.8	13.3-16.7 14.7	14.0-18.5 15.7
	2	Bereich Mittel	15.3-17.0 16.3		15.0-17.7 15.8	
100-Nadelgew. (mg)	1	Bereich Mittel	483-616 565	491-653 607	472-669 553	518-733 594
	2	Bereich Mittel	539-742 639		497-705 603	
Terminaltriebl. (mm)		Bereich Mittel		57-275 217		65-130 105

Tabelle 30: Glein - BEOBACHTUNGSFLÄCHEN 1985

Bereiche und Mittelwerte der Nährelementmengen/100 Nadeln (mg/100 Nadeln) der gesunden und vergilbten Probebäume

		Gesund mg/100 Nadeln	Vergilbt mg/100 Nadeln
N	Bereich	7.00 - 8.64	6.22 - 11.22
	Mittel	7.89	8.01
P	Bereich	1.08 - 1.33	0.80 - 1.29
	Mittel	1.18	1.06
K	Bereich	1.88 - 3.84	1.08 - 3.30
	Mittel	3.15	2.16
Ca	Bereich	1.58 - 2.21	1.42 - 2.31
	Mittel	1.85	1.79
Mg	Bereich	0.65 - 0.93	0.62 - 1.14
	Mittel	0.77	0.76

sunden und verlichteten Kronen ebenfalls Unterschiede. Bei den geschädigten Bäumen sank der Stickstoff- bzw. Phosphorgehalt im Nadeljahrgang 2 gegenüber dem Nadeljahrgang 1 stärker ab als bei den gesunden; bei Kalium und Magnesium war dagegen bei den gesunden eine stärkere Abnahme festzustellen. Die altersbedingten Steigerungen der Calciumgehalte im Nadeljahrgang 2 fielen dagegen im Mittel bei den verlichteten Probebäumen stärker aus, allerdings nicht auf allen Probeflächen.

Wie aus einem Vergleich der Tabellen 21 und 22 zu ersehen ist, lagen die Stickstoffmittelwerte in beiden Gruppen im Nadeljahrgang 1 vom 5.Quirl über den Werten des Terminaltriebes, während es bei Phosphor, Calcium und Magnesium umgekehrt war und bei Kalium im Mittel kein Unterschied bestand. Die Zunahme vom 5.Quirl zum Terminaltrieb war bei Phosphor bei den gesunden Bäumen und bei Calcium bzw. Magnesium geringfügig bei den Bäumen mit geschädigten Kronen stärker.

Bei einer Klassifizierung der Nährelementgehalte des Nadeljahrganges 1 vom 5.Quirl an Hand der in Tabelle 1 angeführten Beurteilungswerte (siehe Tabelle 24) ergab sich bei Phosphor - auf Grund der hohen Gehalte in beiden Gruppen - nur ein geringer Unterschied.

Wesentlich deutlicher ist dagegen der Unterschied zwischen gesunden und vergilbten Bäumen in der Kaliumversorgung ausgeprägt. Während von den gesunden Bäumen 80 Prozent eine ausreichende Kaliumversorgung aufwiesen, lag dieser Anteil bei den vergilbten Bäumen bei nur 20 Prozent; gravierender für das unterschiedliche Auf Grund der gleichen 100-Nadelgewichte des 1. Nadeljahrganges (5.Quirl) ergaben sich bei den Nährelementmengen/100 Nadeln (siehe Tabelle 30) auch nur die selben Unterschiede zwischen den beiden Gruppen wie bei den Nährelementkonzentrationen: In erster Linie höhere Kaliummengen bei den gesunden Probebäumen.

3.4 Düngungsfläche "FREITAG"

Da die Vergilbungen im Gleingraben auch bei Jungwuchs auftraten, wurde im Besitz von Herrn Freitag ein 6 Versuchsglieder umfassender Düngungsversuch an 15jährigen Fichten vorgenommen. Die

fünf zum Einsatz gelangenden "Dünger bzw. Düngerkombinationen" waren:

- (1) Petrilon (Blattdüngung)
- (2) Dolomit C (Blattdüngung)
- (3) Vollkorn blau + Mischkalk
- (4) Bittersalz + Patentkali
- (5) BASF Bodendünger

Die mit diesen Düngern ausgebrachten Reinnährstoffmengen, der Ausbringungstermin und die standörtlichen Gegebenheiten sind bei KILIAN (1989) detailliert behandelt.

Die Probenahme wurde vom Institut für Standortskunde in der Weise durchgeführt, daß pro Versuchsparzelle drei Mischproben gewonnen wurden, welche auch getrennt analysiert wurden (siehe Anhang).

3.4.1 Nährstoffgehalte

Im Gegensatz zu den anderen Düngungsversuchen im Gleinalmgebiet kam es bei diesem Versuch durch die Düngung zu deutlichen Veränderungen der Stickstoff-, Kalium- und Calciumgehalte.

Wie aus den Tabellen 31 und 33 zu ersehen ist, kam es vor allem durch die Düngung mit (3)-Vollkorn blau + Mischkalk, aber auch mit (4)-Bittersalz + Patentkali und (5)-BASF Bodendünger zu Steigerungen des Stickstoffgehaltes. Nur durch die Düngung mit (1)-Petrilon und (3)-Vollkorn blau + Mischkalk konnte die Phosphor-Unterversorgung (Mangel + nicht ausreichend) beseitigt und Phosphorwerte 20 Prozent über dem Phosphorwert der Kontrolle erreicht werden. In der selben Größenordnung lagen auch die Steigerungen des Kaliumgehaltes durch die Düngung mit (3), (4) und (5), während durch die Düngung mit (2)-Dolomit C eine Absenkung des Kaliumgehaltes herbeigeführt wurde. Bei der Calciumversorgung kam es durch die Düngung mit (2)-Dolomit C zu einer deutlichen Absenkung, während die mittleren Calciumgehalte auf den mit (1)-Petrilon bzw. (5)-BASF Bodendünger behandelten Parzellen um etwas mehr als 10 Prozent im Vergleich zu den Werten der Kontrollparzelle anstiegen. Außer auf der mit Petrilon behandelten Versuchsparzelle lagen die Veränderungen der Magnesiumgehalte auf den übrigen vier Düngungspartzen im Bereich

Tabelle 31: Düngungsfläche "FREITAG"
Bereiche und Mittelwerte der Nährelementgehalte der
6 Behandlungsvarianten

	% N	% P	% K	% Ca	% Mg
	Bereich	Bereich	Bereich	Bereich	Bereich
Variante	Mittelwert	Mittelwert	Mittelwert	Mittelwert	Mittelwert
1	1.10-1.25 1.160	0.1053-0.17 0.140	0.72-0.73 0.723	0.53-0.72 0.623	0.11-0.13 0.120
2	1.19-1.35 1.257	0.11-0.12 0.113	0.55-0.69 0.627	0.30-0.46 0.400	0.09-0.10 0.097
3	1.79-2.04 1.940	0.14-0.14 0.140	0.81-0.93 0.870	0.51-0.67 0.587	0.09-0.09 0.090
4	1.47-1.55 1.503	0.11-0.12 0.117	0.79-0.94 0.883	0.49-0.62 0.543	0.09-0.11 0.100
5	1.43-1.69 1.590	0.12-0.12 0.120	0.86-0.93 0.900	0.59-0.68 0.623	0.10-0.11 0.103
6	0.94-1.24 1.137	0.10-0.13 0.117	0.69-0.79 0.753	0.52-0.61 0.557	0.09-0.10 0.097

Variante: 1 Düngung mit "Fetrilon"
2 Düngung mit "Dolomit C"
3 Düngung mit Vollkorn blau + Mischkalk
4 Düngung mit Bittersalz + Patentkali
5 Düngung mit BASF - Bodendünger
6 Ungedüngte Kontrolle

von ± 7 Prozent gegenüber der Kontrolle.

3.4.2 Nährstoffbalancen

Durch die deutlichen Veränderungen der Nährelementgehalte bei den einzelnen Varianten kam es auch zu erheblichen Auswirkungen auf die Balancen zwischen einzelnen Nährelementen.

Wie aus den Tabellen 32 und 34 zu ersehen ist, kam es vor allem bei den Quotienten N:P, N:K und P:Ca zu Veränderungen um über 30 Prozent gegenüber den entsprechenden Quotienten der Kontrollparzelle. Aus den mehr oder minder starken Absenkungen der K/Mg- bzw. Ca/Mg - Quotienten auf den Varianten (1) und (2) läßt sich eine Beeinflussung der Magnesiumversorgung der Nadeln durch die Düngung mit Petrilon bzw. Dolomit C ableiten.

3.4.3 Düngerwirksamkeit

Bei einer Beurteilung der Nährelementversorgung auf den einzelnen Versuchspartzen durch die Klassifizierung der Mittelwerte (Tabelle 26) nach den in Tabelle 1 angeführten Beurteilungswerten ergibt sich folgendes Bild für die Beurteilung der Düngerwirksamkeit: Auf der Kontrollparzelle und der "Dolomit-Parzelle" bestand ein Mangel an Stickstoff und eine nicht ausreichende Versorgung mit Phosphor und Magnesium; durch die Dolomiddüngung kam es demnach zumindest im Jahr der Düngung zu keiner Verbesserung der Nährelementversorgung. Auf der "Petrilon-Parzelle" bestand nur noch Stickstoffmangel, während die Phosphor- und Magnesiumversorgung ausreichend war.

Auf den Partzen (4) und (5), die mit Bittersalz + Patentkali bzw. BASF Bodendünger behandelt worden waren, bestand nach der Düngung weiterhin eine nicht ausreichende Versorgung mit Phosphor und Magnesium, während der Stickstoffmangel beseitigt werden konnte. Die beste Wirkung erreichte nach diesem Beurteilungsschema die Düngung mit Vollkorn blau + Mischkalk, denn auf dieser Parzelle bestand nach der Düngung nur noch eine nicht ausreichende Magnesiumversorgung, aber kein Stickstoffmangel und eine ausreichende Phosphorversorgung.

Tabelle 32: Düngungsflächen "F R E I T A G"

Bereiche und Mittelwerte der Nährelementquotienten der 6 Behandlungsvarianten

Variante	N/P		N/K		P/K		P/Ca		K/Ca		K/Mg		Ca/Mg	
	Bereich	Mittelwert	Bereich	Mittelwert	Bereich	Mittelwert	Bereich	Mittelwert	Bereich	Mittelwert	Bereich	Mittelwert	Bereich	Mittelwert
1	7.43-11.54	1.53-1.75	0.14-0.23	0.18-0.24	1.00-1.36	5.45-6.49	4.76-5.45							
	8.83	1.61	0.191	0.219	1.18	5.99	5.12							
2	10.74-11.52	1.79-2.17	0.17-0.20	0.26-0.37	1.40-1.84	6.29-6.97	3.41-4.78							
	11.0	2.02	0.183	0.295	1.60	6.65	4.22							
3	13.20-14.14	2.19-2.29	0.16-0.17	0.20-0.28	1.22-1.72	8.81-10.16	5.55-7.24							
	13.82	2.23	0.162	0.243	1.51	9.50	6.37							
4	12.72-13.44	1.58-1.86	0.12-0.14	0.19-0.23	1.49-1.82	8.12-9.53	5.24-5.46							
	13.11	1.71	0.130	0.214	1.64	8.82	5.38							
5	12.41-13.80	1.56-1.97	0.13-0.14	0.18-0.20	1.37-1.55	8.40-9.40	5.48-6.85							
	13.17	1.77	0.134	0.194	1.45	8.77	6.07							
6 (Kontr.)	8.01-12.16	1.36-1.60	0.13-0.17	0.19-0.25	1.13-1.50	6.78-8.84	5.36-5.99							
	9.78	1.51	0.157	0.213	1.37	7.82	5.75							

3.5 Düngungsfläche "Liechtenstein"

In der Liechtenstein'schen Forstverwaltung Waldstein/Gleinalm, die östlich des Gleintales an die Hatschek'sche Forstverwaltung Glein bzw. das "Kontrollnetz Glein" anschließt, wurden 1987 zwei Düngungsversuche (Düngungsparzellen 10 und 11) mit "Wuxal" beziehungsweise "Silvital" angelegt (KILIAN 1989). Die erste Nadelprobenahme erfolgte im Herbst 1986 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 und auf der Versuchsfläche 11 ein Baupaar gedüngt.

Die Ergebnisse der chemischen Nadelanalysen im Nadeljahrgang 1 der Jahre 1986 bzw. 1987 und des Nadeljahrganges 2 im Jahre 1987 sind für beide Versuchsflächen im Anhang ausgewiesen.

3.5.1 Versuchsfläche 10

Von den 8 Probebäumen dieser Versuchsfläche (Baumpaare 1-4) wies 1986 nur einer aus der Gruppe der gesunden Bäume keinen Mangel auf. Während von den restlichen 3 Bäumen mit unverfärbten Kronen zwei einen Stickstoffmangel bzw. einen Mangel an Stickstoff + Kalium zeigten, hatten alle Bäume mit vergilbten Kronen nach den nadelanalytischen Ergebnissen einen Stickstoff- und Kaliummangel und zusätzlich jeweils einer auch noch Mangel an Phosphor bzw. Magnesium. Die Mittelwerte der Stickstoff-, Phosphor- und Kaliumgehalte im Nadeljahrgang 1 lagen bei den vergilbten Bäumen tiefer als bei den "Grünen". Die schlechtere Nährelementversorgung der vergilbten Bäume ergibt sich auch bei einem paarweisen Vergleich; bei drei Paaren lag der Stickstoff- bzw. Phosphorgehalt und bei allen 4 Paaren der Kaliumgehalt des vergilbten Baumes tiefer.

Durch die Wuxal-Düngung im Jahre 1987 ergab sich nach den Werten der 4 gedüngten Probebäume keine Verbesserung der Nährelementversorgung. Beide als gesund eingestuften Probebäume und ein vergilbter Probebaum wiesen 1987 bei den selben Elementen wie 1986 Mangel auf und beim zweiten - 1987 gedüngten - vergilbten Probebäumen trat zusätzlich zum Stickstoff- und Kaliummangel auch noch Mangel an Magnesium auf.

Beim ungedüngten Probebaumpaar 4 kam es ebenso wie bei den gedüngten Bäumen von 1986 auf 1987 zu keinen Veränderungen der Nährelementmangelsituation, aber zu einer Verbesserung der Calciumversorgung. Beim gesunden Probebaum 2, der 1986 bei keinem der analysierten Elemente Mangel aufgewiesen hatte, kam es 1987 zu Stickstoffmangel. Der vergilbte Baum 2V (ungedüngt) wies dagegen 1987 als einziger auf der Versuchsparzelle 10 keinen Mangel auf, nachdem er 1986 noch Mangel hinsichtlich Stickstoff, Kalium und Magnesium aufgewiesen hatte. Eine Bestätigung dieser starken Veränderungen der Nährelementgehalte im Nadeljahrgang 1, die für sich allein nicht plausibel sind, liefern die Werte des Nadeljahrganges 2 vom Probebaum 2V, welche bei Stickstoff, Phosphor und Magnesium ebenfalls deutlich über den entsprechenden Werten der anderen gedüngten und ungedüngten Probebäume der Versuchsparzelle 10 liegen. Im gegenwärtigen Zeitpunkt kann dieses, vom Ergebnis der übrigen Probebäume abweichende Resultat nicht erklärt werden.

3.5.2 Versuchsfläche 11

Von den zwei Baumpaaren dieser Versuchsfläche (Baumpaare 5 und 6) wies nur einer der beiden als gesund eingestuften Probebäume 1986 keinen Mangel auf. Sowohl bei einem gesunden als auch einem vergilbten Probebaum kam es zu Mangel an Kalium, wobei der Kaliumwert des vergilbten Probebaumes aber deutlich unter dem des gesunden lag. Der zweite vergilbte Probebaum hatte dagegen nicht nur einen Kaliummangel, sondern außerdem auch noch einen Magnesiummangel und einen starken Stickstoffmangel. Im Mittel wiesen die gesunden Bäume auch auf dieser Versuchsfläche 1986 höhere Nährelementgehalte als die vergilbten auf.

Im Jahre 1987 bestand der Nährelementmangel bei den einzelnen Probebäumen im selben Umfang wie 1986 weiter. Eine Auswirkung der Düngung mit "Silvital" deutet sich aber in den Veränderungen der Nährelementgehalte von 1986 auf 1987 an. Während bei den gedüngten Probebäumen (gesund und vergilbt) eine mehr oder minder starke Zunahme der Stickstoff-, Phosphor- und Kaliumwerte von 1986 auf 1987 festzustellen war, kam es bei den ungedüngten Bäumen bei den genannten Nährelementen nicht zu dieser Reaktion. Die Anhebung des Calcium- und Magnesiumgehaltes beim gesunden

Probebaum 5 von 1986 auf 1987, wodurch in diesem Jahr eine ausreichende Versorgung mit Calcium und Magnesium bestand, kann dagegen nicht direkt auf die Düngung zurückgeführt werden, denn der ungedüngte, gesunde Vergleichsbaum 6 wies die gleichen positiven Veränderungen auf. Bei den Veränderungen der Nährelementgehalte von 1986 auf 1987 besteht auch ein deutlicher Unterschied zwischen gesunden und vergilbten Bäumen. Während die Phosphor-, Kalium-, Calcium- und Magnesiumgehalte der vergilbten Bäume von 1986 auf 1987 nur Veränderungen zwischen $\pm 0.01\%$ aufwiesen, kam es bei den beiden gesunden Bäumen wie bereits oben angeführt zu deutlichen Zunahmen der Calcium- bzw. Magnesiumgehalte. Beim gesunden Probebaum mit Silvital-Düngung kam es zusätzlich auch zu Zunahmen des Phosphor- bzw. Kaliumgehaltes um rund 30 rel. Prozent, während beim gesunden ungedüngten Kontrollbaum Abnahmen des Phosphor- bzw. Kaliumgehaltes von rund 26 bzw. 11 rel. Prozent bestanden. Aus den unterschiedlichen Veränderungen der Nährelementgehalte kann für 1987 einerseits ein positiver Effekt der Silvital-Düngung auf die Stickstoffversorgung unabhängig vom Gesundheitszustand und die Phosphor- und Kaliumversorgung des gesunden Baumes abgeleitet werden und andererseits eine Abnahme der "Reaktionsfähigkeit" der vergilbten Bäume vermutet werden. Das voneinander abweichende Nährelementregime von gesunden und vergilbten Bäumen dokumentiert sich unabhängig von der Behandlung auch in unterschiedlichen Gradienten der Kalium- und Calciumgehalte zwischen den Nadeljahrgängen 1 und 2: während der Kaliumgehalt bei den gesunden Bäumen (gedüngt und ungedüngt) im Nadeljahrgang 2 um rund $1/3$ tiefer als im Nadeljahrgang 1 war, sank er bei den vergilbten Bäumen um rund 45 Prozent; bei den gesunden Bäumen lagen die Calciumwerte im Nadeljahrgang 2 nur 25 Prozent über denen des Nadeljahrganges 1, während die Calciumgehalte im Nadeljahrgang 2 der vergilbten Bäume mehr als doppelt so hoch wie im Nadeljahrgang 1 waren.

4 Zusammenfassung und Schlußfolgerungen

Im Untersuchungsgebiet Glein wurde von 1985 bis 1987 mit Hilfe chemischer Nadelanalysen die Schadstoffeinwirkung (Schwefel), die Ernährungssituation und die Wirksamkeit unterschiedlicher Düngungsmaßnahmen untersucht. Im Widerspruch zu den Ergebnissen punktueller Luftschadstoffmessungen bestanden nach den Nadelanalysedaten lokal geringe Schwefel-Immissionseinwirkungen, vor allem in Seehöhen über 1300 Meter. Im Gegensatz zu anderen Schadensgebieten, wo vor allem eine mangelhafte Magnesiumversorgung als Ursache der Nadelvergilbungen und in weiterer Folge Nadelverluste festgestellt wurde, ist im Gleinraben eine nicht ausreichende bzw. mangelhafte Kalium- und Stickstoffversorgung als Ursache für die Vergilbung der älteren Nadeljahrgänge anzunehmen. Von den verschiedenen Düngungsversuchen führten praktisch nur die Bodendüngungsversuche (Vollkorn + Mischkalk, Bittersalz + Patentkali, BASF-Bodendünger), die kleinflächig angelegt worden waren, zu Verbesserungen der Nährstoffversorgung in unterschiedlichem Umfang, während dies auf die großflächig durchgeführten aviotechnischen Düngungen mit Blattdüngern nach den nadelanalytischen Resultaten nicht zutraf.

5 Literatur

- HÜTTL, R., F. (1987): "Neuartige" Waldschäden, Ernährungsstörungen und Düngung. AFZ 12, 289-299
- KILIAN, W. (1989): Diagnostische Düngungsversuche im Gleinalmgebiet. Mitt. FBVA 163/II
- REEMTSMA, J. B. (1986): Der Magnesium-Gehalt von Nadeln niedersächsischer Fichtenbestände und seine Beurteilung. Allg. Forst- u. J. Ztg. 157, 10, 196-200
- REHFUESS, K. E. (1983): Walderkrankungen und Immissionen - eine Zwischenbilanz. AFZ 38, 601-610

ROESSLER, G. (1989): Versuch Gleinalm (809) - Vergleichende Zuwachsuntersuchung bei vergilbten und gesunden Fichten. Mitt. FBVA 163/II

SMIDT, St. (1989): Immissionsmessungen im Gleinalmgebiet. Mitt. FBVA 163/II

ZECH, W. und E. POPP (1983): Magnesiummangel einer der Gründe für das Fichten- und Tannensterben in NO-Bayern. Forstw. Cbl. 102, 50-55

ZÖTTL, H. W. (1987): Stoffumsätze in Ökosystemen des Schwarzwaldes. Forstw. Cbl. 106, 105-114

2000 年 12 月 31 日

资产负债表

资产	负债及所有者权益	资产	负债及所有者权益
流动资产	流动负债	流动资产	流动负债
货币资金	短期借款	货币资金	短期借款
应收账款	应付账款	应收账款	应付账款
预付账款	预收账款	预付账款	预收账款
其他应收款	其他应付款	其他应收款	其他应付款
存货	存货	存货	存货
流动资产合计	流动负债合计	流动资产合计	流动负债合计
长期资产	长期负债	长期资产	长期负债
固定资产	长期借款	固定资产	长期借款
无形资产	应付债券	无形资产	应付债券
长期股权投资	长期应付款	长期股权投资	长期应付款
长期资产合计	长期负债合计	长期资产合计	长期负债合计
所有者权益	所有者权益	所有者权益	所有者权益
实收资本	实收资本	实收资本	实收资本
资本公积	资本公积	资本公积	资本公积
盈余公积	盈余公积	盈余公积	盈余公积
未分配利润	未分配利润	未分配利润	未分配利润
所有者权益合计	所有者权益合计	所有者权益合计	所有者权益合计
资产总计	负债及所有者权益总计	资产总计	负债及所有者权益总计

A N H A N G

GLEIN - KONTROLLNETZ
FV-Hatschek

Baum-Nr.	Alter	Seehöhe	Abteilung	Düngungs- parzelle	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
46	120	1.380	11 h	9 a	Fattinger Blattdünger 87
47	120	1.470	11 h		

GLEIT-KONTROLLNETZ - Nadeljahrgang 1

Baum	% N			% P			% K		
	1985	1986	1987	1985	1986	1987	1985	1986	1987
1	1.27	1.34	1.14	0.16	0.19	0.16	0.26	0.33	0.42
2	1.22	1.46	1.43	0.17	0.15	0.16	0.35	0.42	0.37
3	1.16	1.15	1.14	0.13	0.16	0.16	0.45	0.37	0.49
4	1.36	1.39	1.28	0.21	0.19	0.16	0.38	0.43	0.45
5	1.39	1.46	1.32	0.20	0.23	0.19	0.40	0.48	0.47
6	1.35	1.34	1.16	0.16	0.17	0.13	0.48	0.51	0.41
7	1.07	1.20	1.26	0.14	0.20	0.21	0.48	0.56	0.50
8	1.61	1.51	1.34	0.24	0.23	0.18	0.48	0.49	0.38
9	1.48	1.52	1.49	0.20	0.19	0.20	0.34	0.32	0.32
10	1.36	1.36	1.19	0.19	0.18	0.14	0.31	0.31	0.29
11	1.53	1.64	1.35	0.20	0.20	0.16	0.57	0.56	0.48
12	0.98	1.24	1.09	0.13	0.20	0.15	0.23	0.42	0.39
13	1.40	1.28	1.26	0.19	0.13	0.13	0.34	0.35	0.35
14	-	1.26	1.32	-	0.21	0.20	-	0.90	0.90
15	-	1.31	1.24	-	0.19	0.16	-	0.69	0.25
16	-	1.60	1.31	-	0.21	0.19	-	0.38	0.32
17	1.18	1.26	1.04	0.13	0.15	0.12	0.35	0.36	0.31
18	1.22	1.22	1.10	0.14	0.16	0.12	0.70	0.66	0.69
19	1.40	1.37	1.20	0.16	0.15	0.12	0.42	0.38	0.36
20	1.30	1.30	1.20	0.16	0.15	0.14	0.55	0.46	0.49
21	1.35	1.25	1.24	0.15	0.14	0.13	0.32	0.35	0.28
22	1.45	1.25	-	0.18	0.16	-	0.44	0.40	-
23	1.38	1.37	1.09	0.20	0.17	0.15	0.22	0.30	0.37
24	1.56	1.24	1.26	0.22	0.16	0.14	0.40	0.55	0.41
25	1.20	1.16	-	0.15	0.13	-	0.51	0.67	-
26	1.29	1.18	-	0.14	0.13	-	0.51	0.71	-
27	1.35	1.46	1.31	0.19	0.19	0.18	0.74	0.67	0.61
28	1.30	1.31	1.29	0.15	0.16	0.15	0.37	0.41	0.41
29	1.22	1.10	1.08	0.14	0.18	0.17	0.36	0.36	0.37
30	1.18	1.15	1.14	0.15	0.17	0.15	0.51	0.61	0.56
31	1.32	1.42	1.20	0.21	0.24	0.19	0.56	0.77	0.47
32	1.39	1.30	1.18	0.20	0.19	0.18	0.78	0.65	0.61
33	1.11	1.21	1.42	0.17	0.19	0.20	0.79	0.72	0.42
34	1.21	1.31	1.01	0.22	0.22	0.20	0.34	0.63	0.52
35	1.22	1.29	1.19	0.19	0.20	0.20	0.37	0.80	0.67
36	-	1.46	1.17	-	0.18	0.16	-	0.70	0.64
37	-	1.24	1.14	-	0.18	0.15	-	0.29	0.29
38	-	1.56	1.24	-	0.18	0.14	-	0.66	0.59
39	-	1.42	1.27	-	0.21	0.17	-	0.30	0.30
40	-	1.52	1.36	-	0.16	0.12	-	0.49	0.60
41	-	1.34	1.06	-	0.21	0.19	-	0.55	0.52
42	-	1.28	1.01	-	0.16	0.16	-	0.48	0.48
43	-	1.52	1.32	-	0.21	0.17	-	0.36	0.28
44	-	1.39	1.24	-	0.16	0.15	-	0.82	0.31
45	-	1.47	1.26	-	0.21	0.20	-	0.49	0.57
46	-	1.37	1.33	-	0.24	0.21	-	0.66	0.75
47	-	1.63	1.15	-	0.19	0.18	-	0.82	0.26

GLEIN-KONTROLLNETZ – Nadeljahrgang 1

Baum	% Ca			% Mg			% S		
	1985	1986	1987	1985	1986	1987	1985	1986	1987
1	0.31	0.29	0.17	0.16	0.16	0.14	0.093	0.078	0.086
2	0.20	0.40	0.14	0.08	0.08	0.07	0.106	0.119	0.105
3	0.29	0.20	0.19	0.08	0.08	0.09	0.087	0.086	0.082
4	0.24	0.16	0.12	0.11	0.10	0.09	0.101	0.103	0.099
5	0.39	0.41	0.18	0.11	0.13	0.09	0.087	0.100	0.094
6	0.30	0.36	0.15	0.13	0.15	0.09	0.075	0.081	0.081
7	0.30	0.22	0.17	0.06	0.10	0.13	0.079	0.075	0.075
8	0.60	0.36	0.27	0.25	0.18	0.16	0.110	0.107	0.093
9	0.34	0.21	0.16	0.12	0.11	0.10	0.085	0.093	0.089
10	0.38	0.32	0.19	0.14	0.13	0.11	0.091	0.091	0.087
11	0.52	0.52	0.36	0.20	0.20	0.18	0.107	0.099	0.106
12	0.39	0.20	0.17	0.08	0.11	0.09	0.087	0.101	0.079
13	0.35	0.27	0.22	0.11	0.08	0.09	0.082	0.072	0.079
14	-	0.44	0.43	-	0.10	0.11	-	0.093	0.092
15	-	0.31	0.11	-	0.12	0.07	-	0.091	0.101
16	-	0.28	0.33	-	0.14	0.13	-	0.098	0.089
17	0.25	0.34	0.20	0.15	0.22	0.16	0.092	0.082	0.083
18	0.42	0.36	0.35	0.09	0.11	0.11	0.114	0.121	0.118
19	0.32	0.32	0.18	0.10	0.11	0.08	0.102	0.094	0.079
20	0.45	0.41	0.34	0.11	0.12	0.11	0.118	0.116	0.097
21	0.50	0.29	0.37	0.17	0.14	0.17	0.088	0.091	0.088
22	0.41	0.22	-	0.12	0.09	-	0.108	0.099	-
23	0.33	0.17	0.26	0.12	0.10	0.10	0.101	0.095	0.077
24	0.47	0.24	0.26	0.14	0.09	0.15	0.098	0.076	0.088
25	0.39	0.24	-	0.14	0.12	-	0.082	0.080	-
26	0.46	0.37	-	0.13	0.11	-	0.086	0.072	-
27	0.39	0.36	0.32	0.16	0.17	0.19	0.108	0.121	0.136
28	0.46	0.37	0.40	0.11	0.12	0.13	0.097	0.093	0.098
29	0.56	0.48	0.24	0.11	0.14	0.11	0.090	0.083	0.092
30	0.33	0.27	0.24	0.12	0.13	0.09	0.096	0.089	0.095
31	0.45	0.35	0.23	0.15	0.15	0.12	0.110	0.111	0.110
32	0.52	0.27	0.21	0.28	0.19	0.16	0.097	0.113	0.114
33	0.35	0.48	0.29	0.08	0.10	0.17	0.071	0.079	0.097
34	0.30	0.30	0.21	0.09	0.13	0.11	0.103	0.091	0.089
35	0.20	0.27	0.25	0.11	0.14	0.14	0.088	0.089	0.087
36	-	0.27	0.17	-	0.14	0.10	-	0.107	0.083
37	-	0.32	0.23	-	0.11	0.10	-	0.093	0.093
38	-	0.35	0.24	-	0.15	0.13	-	0.117	0.103
39	-	0.21	0.16	-	0.09	0.10	-	0.095	0.076
40	-	0.28	0.19	-	0.15	0.14	-	0.080	0.076
41	-	0.38	0.27	-	0.11	0.12	-	0.088	0.102
42	-	0.52	0.34	-	0.15	0.14	-	0.100	0.101
43	-	0.32	0.25	-	0.13	0.15	-	0.098	0.110
44	-	0.21	0.17	-	0.11	0.14	-	0.124	0.151
45	-	0.20	0.18	-	0.12	0.14	-	0.107	0.139
46	-	0.40	0.27	-	0.21	0.19	-	0.097	0.102
47	-	0.25	0.12	-	0.10	0.11	-	0.118	0.097

GLEIN-KONTROLLNETZ – Nadeljahrgang 2

Baum	% N			% P			% K		
	1985	1986	1987	1985	1986	1987	1985	1986	1987
1	1.24	1.12	0.98	0.13	0.15	0.10	0.33	0.27	0.21
2	1.15	1.25	1.11	0.14	0.16	0.11	0.20	0.57	0.23
3	1.12	1.07	0.99	0.12	0.14	0.12	0.48	0.46	0.37
4	1.36	1.23	1.09	0.15	0.13	0.09	0.19	0.29	0.22
5	1.35	1.28	1.10	0.18	0.18	0.13	0.19	0.49	0.40
6	1.35	1.22	0.97	0.12	0.12	0.09	0.47	0.40	0.26
7	1.02	1.03	1.01	0.12	0.18	0.14	0.35	0.59	0.44
8	1.45	1.33	1.20	0.19	0.17	0.14	0.49	0.42	0.39
9	1.31	1.12	1.10	0.13	0.11	0.11	0.43	0.16	0.23
10	1.15	1.13	0.93	0.12	0.12	0.08	0.26	0.27	0.23
11	1.33	1.19	1.14	0.16	0.14	0.11	0.52	0.54	0.42
12	1.16	1.01	0.86	0.18	0.17	0.10	0.37	0.21	0.30
13	1.13	0.98	1.08	0.13	0.09	0.09	0.29	0.29	0.31
14	-	1.31	1.24	-	0.18	0.15	-	0.93	0.88
15	-	1.24	1.23	-	0.14	0.12	-	0.53	0.50
16	-	1.20	1.03	-	0.18	0.15	-	0.21	0.23
17	1.05	0.98	0.87	0.10	0.10	0.07	0.30	0.25	0.19
18	1.25	1.18	1.09	0.10	0.10	0.09	0.51	0.55	0.58
19	1.33	1.22	0.99	0.11	0.10	0.08	0.35	0.27	0.26
20	1.18	1.20	1.15	0.13	0.13	0.11	0.46	0.45	0.33
21	1.20	1.03	1.02	0.11	0.10	0.09	0.26	0.27	0.23
22	1.18	1.05	-	0.12	0.16	-	0.27	0.22	-
23	1.18	1.10	0.91	0.14	0.16	0.11	0.24	0.23	0.24
24	1.55	1.20	1.23	0.16	0.11	0.10	0.44	0.36	0.36
25	1.05	1.01	-	0.09	0.08	-	0.45	0.52	-
26	1.21	1.05	-	0.11	0.12	-	0.45	0.40	-
27	1.33	1.28	1.21	0.14	0.13	0.11	0.65	0.53	0.54
28	1.12	1.19	1.12	0.09	0.12	0.08	0.26	0.30	0.24
29	1.21	1.11	0.98	0.12	0.15	0.12	0.33	0.35	0.31
30	1.17	1.14	0.99	0.11	0.13	0.11	0.47	0.53	0.42
31	1.09	1.13	0.97	0.13	0.19	0.14	0.55	0.63	0.42
32	1.21	1.18	0.97	0.17	0.14	0.10	0.52	0.53	0.45
33	1.06	1.14	1.34	0.12	0.19	0.18	0.51	0.66	0.46
34	1.20	1.04	1.10	0.20	0.17	0.17	0.61	0.45	0.46
35	1.23	1.17	1.08	0.15	0.17	0.14	0.72	0.76	0.49
36	-	1.27	1.06	-	0.15	0.11	-	0.64	0.48
37	-	1.04	0.98	-	0.16	0.11	-	0.31	0.18
38	-	1.24	1.16	-	0.13	0.10	-	0.55	0.47
39	-	1.33	1.27	-	0.15	0.14	-	0.19	0.21
40	-	1.41	1.28	-	0.12	0.12	-	0.44	0.47
41	-	1.03	1.14	-	0.17	0.18	-	0.48	0.45
42	-	1.00	1.05	-	0.11	0.11	-	0.37	0.29
43	-	1.25	1.12	-	0.13	0.12	-	0.30	0.28
44	-	1.21	1.02	-	0.11	0.09	-	0.56	0.22
45	-	1.24	1.24	-	0.15	0.18	-	0.42	0.55
46	-	1.33	1.22	-	0.23	0.16	-	0.47	0.56
47	-	1.26	1.07	-	0.12	0.11	-	0.61	0.17

GLEIN-KONTROLLNETZ - Nadeljahrgang 2

Baum	% Ca			% Mg			% S	
	1985	1986	1987	1985	1986	1987	1986	1987
1	0.44	0.46	0.39	0.15	0.16	0.17	0.077	0.076
2	0.35	0.25	0.34	0.06	0.09	0.09	0.106	0.093
3	0.37	0.43	0.35	0.07	0.08	0.10	0.090	0.083
4	0.38	0.31	0.25	0.12	0.09	0.12	0.101	0.096
5	0.39	0.50	0.41	0.12	0.10	0.10	0.103	0.090
6	0.36	0.41	0.32	0.11	0.12	0.11	0.073	0.068
7	0.40	0.29	0.32	0.06	0.07	0.10	0.069	0.070
8	0.52	0.55	0.44	0.19	0.17	0.16	0.103	0.110
9	0.57	0.50	0.32	0.11	0.11	0.08	0.074	0.067
10	0.49	0.51	0.36	0.13	0.12	0.14	0.090	0.090
11	0.64	0.72	0.60	0.20	0.19	0.20	0.092	0.099
12	0.23	0.44	0.28	0.09	0.11	0.08	0.090	0.078
13	0.60	0.52	0.53	0.08	0.06	0.07	0.063	0.078
14	-	0.58	0.41	-	0.07	0.06	0.104	0.098
15	-	0.39	0.37	-	0.11	0.11	0.095	0.098
16	-	0.50	0.58	-	0.12	0.16	0.101	0.085
17	0.23	0.42	0.31	0.13	0.20	0.17	0.082	0.079
18	0.46	0.58	0.48	0.07	0.08	0.09	0.121	0.124
19	0.52	0.52	0.47	0.10	0.09	0.11	0.087	0.074
20	0.63	0.61	0.72	0.11	0.10	0.14	0.137	0.112
21	0.60	0.59	0.55	0.19	0.16	0.19	0.082	0.091
22	0.51	0.53	-	0.11	0.09	-	0.102	-
23	0.39	0.44	0.50	0.12	0.11	0.08	0.097	0.070
24	0.50	0.57	0.48	0.14	0.10	0.14	0.082	0.099
25	0.49	0.44	-	0.12	0.11	-	0.079	-
26	0.63	0.64	-	0.12	0.10	-	0.076	-
27	0.46	0.62	0.44	0.14	0.16	0.17	0.110	0.134
28	0.77	0.75	0.75	0.12	0.12	0.14	0.103	0.106
29	0.71	0.71	0.49	0.12	0.15	0.14	0.106	0.113
30	0.41	0.47	0.41	0.11	0.14	0.10	0.099	0.110
31	0.48	0.54	0.40	0.12	0.12	0.12	0.119	0.120
32	0.53	0.43	0.26	0.24	0.19	0.15	0.117	0.126
33	0.48	0.31	0.45	0.07	0.09	0.15	0.084	0.112
34	0.41	0.42	0.43	0.09	0.12	0.13	0.088	0.116
35	0.19	0.32	0.43	0.07	0.11	0.16	0.080	0.081
36	-	0.33	0.25	-	0.11	0.10	0.105	0.089
37	-	0.46	0.42	-	0.10	0.11	0.103	0.096
38	-	0.64	0.38	-	0.14	0.10	0.125	0.106
39	-	0.45	0.45	-	0.09	0.08	0.084	0.077
40	-	0.28	0.31	-	0.12	0.14	0.092	0.086
41	-	0.57	0.52	-	0.10	0.11	0.095	0.112
42	-	0.80	0.68	-	0.13	0.11	0.106	0.124
43	-	0.53	0.55	-	0.10	0.13	0.087	0.114
44	-	0.44	0.36	-	0.10	0.14	0.126	0.146
45	-	0.29	0.27	-	0.09	0.10	0.103	0.130
46	-	0.51	0.46	-	0.21	0.18	0.098	0.117
47	-	0.39	0.29	-	0.12	0.11	0.103	0.110

Glein - Beobachtungsflächen 1985
Nadeljahrgang 1 (5.Quirl)

Einstufung	Fläche	% N	% P	% K	% Ca	% Mg	% S
Grün	1	1.49	0.20	0.76	0.26	0.14	0.091
		1.33	0.17	0.46	0.40	0.12	0.092
		1.40	0.15	0.70	0.40	0.10	0.081
	2	1.33	0.23	0.51	0.37	0.15	0.104
		1.44	0.26	0.75	0.45	0.19	0.120
		1.27	0.19	0.41	0.32	0.14	0.080
	3	1.40	0.28	0.23	0.23	0.11	0.093
		1.42	0.23	0.40	0.43	0.15	0.098
		1.52	0.23	0.48	0.31	0.13	0.092
	4	1.47	0.23	0.53	0.31	0.15	0.100
		1.49	0.19	0.71	0.28	0.13	0.089
		1.50	0.18	0.92	0.32	0.16	0.079
	5	1.44	0.30	0.49	0.25	0.12	0.126
		1.28	0.14	0.52	0.30	0.14	0.105
		1.26	0.18	0.49	0.25	0.11	0.090

Glein - Beobachtungsflächen 1985
Nadeljahrgang 1 (5.Quirl)

Einstufung	Fläche	% N	% P	% K	% Ca	% Mg	% S
Vergilbt	1	1.35	0.16	0.41	0.20	0.09	0.093
		1.57	0.18	0.40	0.38	0.14	0.101
		1.54	0.22	0.45	0.44	0.15	0.113
	2	1.41	0.19	0.27	0.27	0.11	0.096
		1.12	0.13	0.32	0.20	0.09	0.092
		1.31	0.22	0.36	0.47	0.16	0.120
	3	1.62	0.24	0.28	0.37	0.13	0.109
		1.55	0.26	0.42	0.34	0.15	0.107
		1.25	0.20	0.76	0.18	0.11	0.117
	4	1.75	0.23	0.71	0.34	0.19	0.118
		1.73	0.17	0.41	0.35	0.16	0.097
		1.42	0.18	0.31	0.34	0.16	0.089
	5	1.22	0.18	0.19	0.27	0.12	0.087
		1.25	0.15	0.19	0.21	0.11	0.103
		1.18	0.14	0.26	0.42	0.14	0.079

Glein - Beobachtungsflächen 1985
Nadeljahrgang 1 (Terminaltrieb)

Einstufung	Fläche	% N	% P	% K	% Ca	% Mg	% S
Grün	1	1.46	0.20	0.83	0.26	0.13	0.082
		1.30	0.18	0.56	0.59	0.17	0.082
		1.34	0.15	0.68	0.43	0.11	0.082
	2	1.13	0.23	0.54	0.49	0.16	0.095
		1.35	0.25	0.71	0.47	0.20	0.114
		1.23	0.19	0.42	0.27	0.14	0.070
	3	1.35	0.27	0.45	0.33	0.12	0.092
		1.27	0.21	0.43	0.53	0.16	0.087
		1.47	0.22	0.44	0.35	0.13	0.091
	4	1.45	0.22	0.69	0.28	0.13	0.102
		1.27	0.33	0.74	0.34	0.09	0.079
		1.25	0.20	0.66	0.30	0.16	0.082
	5	1.39	0.36	0.55	0.26	0.14	0.126
		1.33	0.17	0.54	0.37	0.14	0.097
		1.14	0.17	0.45	0.26	0.12	0.083

Glein - Beobachtungsflächen 1985
Nadeljahrgang 1 (Terminaltrieb)

Einstufung	Fläche	% N	% P	% K	% Ca	% Mg	% S
Vergilbt	1	1.37	0.19	0.45	0.25	0.11	0.090
		1.38	0.15	0.36	0.43	0.14	0.091
		1.45	0.22	0.48	0.41	0.14	0.110
	2	1.23	0.20	0.29	0.33	0.12	0.094
		1.17	0.14	0.28	0.14	0.09	0.111
		1.15	0.20	0.31	0.69	0.18	0.091
	3	1.61	0.19	0.27	0.51	0.14	0.103
		1.40	0.24	0.44	0.44	0.19	0.104
		1.23	0.24	0.99	0.16	0.11	0.110
	4	1.74	0.27	0.33	0.43	0.17	0.104
		1.71	0.19	0.27	0.51	0.14	0.140
	5	1.22	0.20	0.25	0.27	0.12	0.086
		1.23	0.17	0.20	0.26	0.11	0.102
		1.09	0.16	0.27	0.56	0.17	0.016

Glein - Beobachtungsflächen 1985
Nadeljahrgang 1 (5.Quirl)

Einstufung	Fläche	mg N	mg P	mg K	mg Ca	mg Mg
Grün	1	9.27	1.24	4.73	1.62	0.87
		9.99	1.28	3.45	3.00	0.90
		6.65	0.71	3.33	1.90	0.48
	2	8.96	1.55	3.44	2.49	1.01
		7.68	1.39	4.00	2.40	1.01
		6.96	1.04	2.25	1.75	0.77
	3	4.70	0.94	0.77	0.77	0.37
		8.73	1.41	2.46	2.64	0.92
		7.58	1.15	2.40	1.55	0.65
	4	8.83	1.38	3.19	1.65	0.90
		7.49	0.96	3.57	1.41	0.65
		7.70	0.92	4.72	1.64	0.82
	5	7.91	1.65	2.69	1.37	0.66
		5.84	0.64	2.37	1.37	0.64
		10.08	1.44	3.92	2.00	0.88

Glein - Beobachtungsflächen 1985
Nadeljahrgang 1 (5.Quirl)

Einstufung	Fläche	mg N	mg P	mg K	mg Ca	mg Mg
Vergilbt	1	8.22	0.97	2.50	1.22	0.55
		8.13	0.93	2.07	1.97	0.73
		10.56	1.51	3.09	3.02	1.03
	2	8.78	1.18	1.68	1.68	0.69
		4.27	0.50	1.22	0.76	0.34
		6.96	1.17	1.91	2.50	0.85
	3	7.32	1.08	1.27	1.67	0.59
		8.29	1.39	2.25	1.82	0.80
		5.36	0.86	3.26	0.77	0.47
	4	12.02	1.58	4.88	2.34	1.31
		16.09	1.58	3.81	3.26	1.49
		5.54	0.70	1.21	1.33	0.62
	5	5.88	0.87	0.92	1.30	0.58
		7.25	0.87	1.10	1.22	0.64
		5.53	0.66	1.22	1.97	0.66

**Glein - Beobachtungsflächen 1985
Nadeljahrgang 2 (5.Quirl)**

Einstufung	Fläche	% N	% P	% K	% Ca	% Mg
Grün	1	1.38	0.13	0.60	0.28	0.10
		1.19	0.13	0.30	0.70	0.14
		1.40	0.14	0.75	0.40	0.08
	2	1.09	0.18	0.47	0.64	0.16
		1.19	0.24	0.46	0.52	0.17
		1.08	0.14	0.33	0.44	0.14
	3	1.33	0.28	0.24	0.36	0.13
		1.28	0.21	0.30	0.72	0.19
		1.34	0.19	0.31	0.41	0.14
	4	1.29	0.25	0.53	0.39	0.13
		1.34	0.15	0.48	0.34	0.09
		1.28	0.14	0.53	0.29	0.11
	5	1.24	0.32	0.49	0.31	0.10
		1.15	0.13	0.47	0.36	0.12
		1.26	0.17	0.50	0.43	0.14

**Glein - Beobachtungsflächen 1985
Nadeljahrgang 2 (5.Quirl)**

Einstufung	Fläche	% N	% P	% K	% Ca	% Mg
Vergilbt	1	1.12	0.14	0.76	0.31	0.08
		1.07	0.11	0.48	0.63	0.15
		1.21	0.11	0.80	0.35	0.07
	2	0.94	0.17	0.62	0.53	0.09
		0.98	0.20	0.54	0.48	0.11
		0.92	0.11	0.36	0.46	0.11
	3	1.19	0.22	0.16	0.40	0.12
		1.09	0.16	0.36	0.53	0.13
		1.32	0.18	0.29	0.39	0.13
	4	1.02	0.25	0.94	0.30	0.08
		1.04	0.14	0.71	0.25	0.05
		1.12	0.12	0.61	0.29	0.09
	5	1.07	0.37	0.56	0.37	0.14
		0.99	0.11	0.60	0.35	0.10
		0.95	0.10	0.52	0.43	0.09

Liechtenstein/Waldstein-Gleinalm
Nadeljahrgang 1

Baum	Jahr	% N	% P	% K	% Ca	% Mg
1	86	1.21	0.17	0.24	0.13	0.08
	87*	1.26	0.14	0.21	0.23	0.09
1V	86	1.23	0.13	0.22	0.22	0.08
	87*	1.05	0.17	0.23	0.14	0.06
2	86	1.32	0.14	0.44	0.16	0.09
	87	1.18	0.12	0.40	0.15	0.09
2V	86	1.27	0.13	0.21	0.16	0.07
	87	1.79	0.37	0.46	0.13	0.08
3	86*	1.17	0.12	0.36	0.37	0.09
	87*	1.23	0.13	0.37	0.37	0.09
3V	86	1.03	0.10	0.19	0.23	0.09
	87*	1.01	0.11	0.29	0.21	0.08
4	86	1.25	0.12	0.36	0.30	0.08
	87	1.29	0.13	0.36	0.38	0.09
4V	86	1.13	0.13	0.21	0.31	0.09
	87	1.23	0.15	0.22	0.37	0.10
5	86	1.33	0.16	0.22	0.31	0.11
	87**	1.40	0.21	0.29	0.42	0.14
5V	86	1.04	0.15	0.23	0.15	0.07
	87**	1.14	0.16	0.24	0.16	0.07
6	86	1.46	0.23	0.75	0.27	0.12
	87	1.33	0.17	0.67	0.41	0.16
6V	86	1.44	0.14	0.14	0.14	0.08
	87	1.37	0.13	0.14	0.14	0.08

Liechtenstein/Waldstein-Gleinalm
Nadeljahrgang 2/Probenahme 1987

Baum	% N	% P	% K	% Ca	% Mg
1 *	1.05	0.11	0.16	0.51	0.11
1V *	0.95	0.12	0.16	0.29	0.08
2	1.05	0.07	0.24	0.25	0.07
2V	1.73	0.32	0.19	0.46	0.13
3 *	1.06	0.08	0.33	0.54	0.10
3V *	0.98	0.09	0.24	0.39	0.10
4	1.17	0.10	0.30	0.49	0.08
4V	0.99	0.11	0.19	0.55	0.10
5 **	1.05	0.13	0.19	0.53	0.11
5V **	1.03	0.11	0.13	0.34	0.08
6	1.35	0.15	0.42	0.52	0.16
6V	1.21	0.11	0.08	0.29	0.11

* 1987 Düngung mit Wuxal (Düngungsparzelle 10)

** 1987 Düngung mit Silvital (Düngungsparzelle 11)

DIAGNOSTISCHE DÜNGUNGSVERSUCHE IM GLEINALMGEBIET

Walter Kilian

Die neuartigen Waldschädigungen werden in vielen Fällen mit Störungen der Pflanzenernährung und des Bodenzustandes in Verbindung gebracht und somit Düngung als eine Möglichkeit angesehen, auf den Schädigungsverlauf zumindest temporär positiv einzuwirken. Dies gilt insbesondere für jenen Symptomenkomplex, wie er im Gleinalmgebiet auftritt und der häufig in Zusammenhang mit akutem, einseitigen Nährstoffmangel in den Nadeln einhergeht. Die ursprüngliche Arbeitshypothese des gesamten Gleinalmprojektes ging ja von einer Ernährungsstörung aus, wobei möglicherweise der Aufnahmemechanismus an sich durch Wurzelschädigungen oder andere physiologische Schäden gestört ist.

Aufgrund dieser Überlegung wurde eine Reihe von Düngungsversuchen angelegt. Im Gegensatz zu den meisten der bisherigen Düngungsversuche in Österreich ist hier nicht der Zuwachs sondern der Gesundheitszustand Gegenstand des Interesses.

Die Düngungsversuche umfassen bisher eine Vielzahl von Düngemitteln, Dosierungen und Applikationsformen. Es wurden auch Hersteller von "Alternativpräparaten" zur Mitarbeit eingeladen, wovon allerdings nur wenige Gebrauch machten. Eine Fortsetzung und ggf. Erweiterung der Versuche ist vorgesehen.

1 Versuchsvarianten

1.1 Blattdüngung

Bei zahlreichen Untersuchungen im Ausland wurde in Waldschadensgebieten mit Vergilbungssymptomen akuter einseitiger Mangel an Mg, in anderen Fällen an K oder Zn nachgewiesen. Bei Düngungsversuchen mit wasserlöslichen Mg- und K-Salzen konnten bei unterversorgten Bäumen in kurzer Zeit die Nadelspiegelwerte aus dem Mangelbereich heraus erhöht und ein deutlicher Rückgang der Nadelvergilbung erzielt werden (z.B. ZECH 1983, HÜTTL 1987, KAUPENJOHANN et al. 1987). Damit scheint ein Weg aufgezeigt,

kurzfristig akute Mangelercheinungen zu bekämpfen, unabhängig von den Ursachen und der Wirkungskette, welche zu dieser Mangelsituation geführt haben mögen. Diese Möglichkeit führt weiter zur Überlegung, die fehlenden Nährstoffe direkt in Form von Blattdüngung zuzuführen. Die Vorteile dieser im Feld- und Gartenbau gebräuchlichen Methode gegenüber normaler Bodendüngung läge darin, daß die Nährstoffe ohne Umweg über den Boden direkt am Ort des Mangels aufgenommen werden. Eine durch Schädigung möglicherweise bereits verminderte Wurzeleistung kann dadurch umgangen werden, der Wirkungsgrad des Düngers ist erhöht und Verluste (Austrag in das Grundwasser) werden gering gehalten.

Erste Versuche dazu wurden in den vergangenen Jahren u.a. in Deutschland begonnen und hatten vorerst ermutigende Erfahrungen gebracht (ADAM 1985, BORN 1984, SCHRÖDER 1984). Die Möglichkeit, relativ große Mengen von P und N über die Nadeln zuzuführen wurde vor längerer Zeit auch in Versuchen an der FBVA (KILIAN 1977, 1979) nachgewiesen.

In Österreich wurde 1985 von der Fa. EPRO gemeinsam mit der FBVA ein praxisnaher Blattdüngungsversuch im Ostrong, NÖ, mit einer Mg-betonten Düngersuspension angelegt (KILIAN 1988), allerdings lagen darüber zu Beginn der hier beschriebenen Versuche in der Glein noch keine Ergebnisse vor.

1.1.1 Pilotversuch Glein

In einem etwa 25-jährigen, stark vergilbten Jungwuchs, unmittelbar bei der Rothmair-Alm (siehe Übersichtskarte in der Beilage) an einem S-Hang in 1500 m Höhe, wurden vorerst kleinflächig verschiedene Blatt- und Bodendünger ausgebracht. Dieser Vorversuch umfaßte folgende Varianten:

1. Sequestren 330 Fe(g%), 2 kg in 200 l Wasser/ha
2. Harnstoff (Urolinz) 20 kg + 200 l Wasser/ha
3. Wuxal-Suspension (4/43/62/1,7 + 8% MgO) 150 kg Suspension 1:1 mit Wasser verdünnt/ha
4. Sequestren 138 Fe (6%) 100 kg in 2000 l Wasser/ha
5. Patentkali 625 kg/ha

Die Varianten 1-3 wurden mit der Motor-Rückenspritze auf die Pflanzen ausgebracht, Variante 4 mit Motorspritze auf den Boden, Variante 5 von Hand auf den Boden gestreut.

Die Varianten 1 und 2 wurden in 2 Raten am 1. und 22.8.1985 ausgebracht, Variante 4 in 2 Raten am 16.7. und 1.8.1985, Variante 3 am 1.8.1985 und Variante 5 am 16.7.1985.

Die zugeführten Hektar-Nährstoffmengen für alle Varianten sind aus Tabelle 1 ersichtlich.

Für diesen rein informativen Vorversuch war keine exakte Dokumentation vorgesehen, lediglich 6 besonders vergilbte Fichten wurden vor Versuchsbeginn markiert. Rein okular ließen schon am 22.8. alle Varianten eine deutliche Verbesserung gegenüber der unbehandelten Parzelle erkennen. Im Herbst erschienen alle behandelten, vorher wenig vergilbten Bäume kräftig grün und hatten gut entwickelte Jahrestriebe, die markierten gelben Fichten blieben hingegen unverändert.

1.1.2 Großversuch aviotechnische Blattdüngung

Aufgrund der eingangs geschilderten Erfahrungen und den Ergebnissen des Pilotversuches wurde 1986 vom Steiermärkischen Landesforstdienst (OFR Dipl.-Ing. S. Schnopfhausen) mit Förderungsmittel des BMLF eine großflächige praxisnahe Blattdüngung durchgeführt. Dieses relativ große Projekt wurde von der Steirischen Landesregierung in erster Linie als praktische Forstschutzmaßnahme eingeleitet, um alle denkbaren Möglichkeiten auszuschöpfen, welche der Gefahr einer fortschreitenden Entwaldung des Gebietes, insbesondere an der Waldgrenze, entgegenwirken könnten. Dabei wurde in Kauf genommen, daß die stark geschälten Bestände im herkömmlichen Sinne eigentlich nicht düngungswürdig sind. Gleichzeitig konnte die Maßnahme als diagnostischer Versuch im Sinne der Fragestellung des Gesamtprojektes dienen. Durch die Vielzahl von Daten, welche im Rahmen des Forschungsprojektes in diesem Raum anfallen, sollte eine wissenschaftliche Auswertung möglich sein.

Die Kosten wurden zu je über 40% vom Land Steiermark und dem BMLF und zu 15% vom Waldbesitzer getragen. Die Düngerkosten errechneten sich auf ca. S 2.900,--/ha. In diesem Betrag ist der

erhöhte Aufwand für die Auslegung als Versuch enthalten, etwa für Luftbildaufnahmen zur Erfolgskontrolle. Für die alleinige praktische Maßnahme würden sich die Hektar-Kosten entsprechend verringern.

Für die Düngung wurden 7 rechteckige Parzellen mit insgesamt 300 ha Fläche derart ausgewählt, daß verschieden stark geschädigte Bestände, unterschiedliche Altersklassen, verschiedene Exposition und Standortsbedingungen erfaßt wurden. Die Lage der Flächen ist der Übersichtskarte zu entnehmen. Aus flugtechnischen Gründen ist die Längsrichtung der Parzellen entlang der Schichtlinien angeordnet. Dadurch mußte allerdings in Kauf genommen werden, daß die jeweiligen Vergleichsflächen meist ober- und unterhalb am Hang und damit standörtlich nicht voll vergleichbar gelegen sind.

1.1.2.1. Hauptvariante "Wuxal"

Als Düngemittel kam eine eigens für die Blattapplikation im Wald formulierte Suspension "Wuxal SD 1363" der Fa. SCHERING AG zur Anwendung. Das gleiche Präparat wurde bereits beim Versuch Ostrong (KILIAN 1988) eingesetzt. Die Komponenten dieser Mehrnährstoffdüngers sind N, P, K, Ca, Mg zu 4/5/3,2/5/8 Gew.-% mit Spuren von B, Co, Cu, Mn, Fe, Mo und Zn.

Der Fertigdünger wird unmittelbar vor der Ausbringung aus 2 Komponenten gemischt. Die eine enthält die Nährstoffe, die andere eine Kunststoffdispersion und Stärkeabbauprodukte als Haftmittel und pH-Puffer. Die Fertigsuspension ist zur unschädlichen Anwendung in hoher Konzentration geeignet und besitzt eine sehr hohe Haftfähigkeit. Als Aufwandmenge wurde in Anlehnung an den Versuch Ostrong und Versuche in der BRD 50 l Konzentrat je ha gewählt, das entspricht 4 kg MgO/ha. Unter der Annahme einer Durchfallrate und einer Aufnahme von je 50% sowie einer Nadel trockenmasse von 10 t/ha könnte damit der Mg-Spiegel um 0,01% erhöht werden.

1.1.2.2. Vergleichsvariante Harnstoff

Eine weitere Versuchsparzelle (3b,7ha) in einem 60-jährigen Fi-Lä Stangenholz wurde mit konzentrierter Harnstofflösung - ebenfalls vom Hubschrauber aus gedüngt. Die Aufwandmenge betrug 50 kg Harnstoff in 200 l wässriger Lösung je ha mit 1 kg Haftmittelzusatz.

Parallel dazu wurde eine Teilfläche von Versuch 1.2.1 (Fläche 3a,11ha) mit Wuxal und Harnstoff gedüngt. Die Harnstoffmenge betrug dort 45 kg in 150 l Wasser und zusätzlich 50 l Wuxal. Damit entspricht die Gesamtmenge an Stickstoff der Variante mit Reinharnstoff.

Die Applikation erfolgte mittels Hubschrauber der Fa. BILDFLUG, unter Verwendung von 6 Hochdruckzerstäubern "PECOMIST" (Fa. AIR LLOYD, Bonn), welche die Ausbringung relativ großer Mengen der hochviskosen Flüssigkeit (Wuxal) mit geringer Tropfengröße ermöglichen.

Die Flugstreifen wurden mit Ballons schrittweise signalisiert. Die notwendige geringe Flughöhe in dem steilen Gelände, geringe Windgeschwindigkeit zur Vermeidung von Abdrift sowie nicht zu tiefe Temperaturen zur Einhaltung der Tropfengröße (Viskosität) engten die geeigneten Flugbedingungen sehr stark ein, sodaß, abgesehen von Schlechtwetter und Reparaturen, beachtliche Stehzeiten eintraten. Auch mußten nach jeweils wenigen Flügen die Rotoren von der klebrigen Suspension gereinigt werden. Dadurch war der Gesamt-Zeitaufwand für die Düngungsaktion ziemlich hoch. Sie erstreckte sich insgesamt von 21.5. bis 6.6.1986.

Vor allem aber hat eine technisch bedingte Verzögerung des Einsatzes (flugtechnische Genehmigung) bis in die Zeit des Frühljahrsaustriebes die Interpretation der Ergebnisse empfindlich gestört. Zumindest ist das Ergebnis der Nadelanalysen 1986 wegen der teilweise schon mit Dünger kontaminierten 1-jährigen Nadeln unsicher.

In der Zeit vom 11.-18.5.1987 wurde die Düngung mit Wuxal in mehreren Steigerungsvarianten wiederholt und durch Varianten mit anderen Präparaten erweitert. Diesmal konnte trotz widriger Witterungsverhältnisse der Zeitpunkt rechtzeitig vor Knospenaus-

bruch eingehalten werden. Die Befliegung wurde wegen Schlechtwetter, Kälteeinbruch und Schneefall sowie durch Absturz eines Fluggerätes mehrmals unterbrochen, konnte aber trotzdem innerhalb von 8 Tagen abgeschlossen werden. Trotz unvorhergesehener Starkregen waren die Sprühbilder befriedigend, die Verluste durch Abwaschen zu vernachlässigen und die Flugstreifen exakt eingehalten. Je nach Bestockungsgrad betrug der Kronendurchfall zwischen 15 und 20%.

Im einzelnen wurden folgende Varianten angelegt:

1.1.2.3 Wiederholung der Wuxaldüngung mit 100 l/ha auf 46 ha der bereits 1986 mit 50 l behandelten Fläche und zwar Parzelle 3 mit verschiedenen Altersklassen Fi-Lä am Schatthang sowie Parzelle 6b und 6c am Sonnhang.

1.1.2.4 Wiederholung der Wuxaldüngung mit 200 l/ha auf Parzelle 3a (1986 mit 50 l Wuxal und 45 kg Harnstoff behandelt).

1.1.2.5 Wiederholung der Wuxaldüngung mit 50 l auf Parzelle 6a, unterer Teil - 16 ha.

1.1.2.6 100 l Wuxal auf einer bisher noch nicht gedüngten Fläche im Forstgut Liechtenstein (Parzelle 10, 7ha). Die Fläche liegt jenseits des Gleinkammes auf etwa vergleichbarem Standort - SE-Hang in 1400 m Höhe, podsolige Braunerde auf Bänderamphibolit (Bodenprofil 402). Sie umfaßt Stangenholz, Kahlfläche und lückigen 130-jährigen Fichtenbestand.

1.1.2.7 Mehrnährstoff- Blattdünger der Firma Fattinger und zwar auf den unteren Streifen der Parzelle 6a (im Vorjahr mit 50 l Wuxal gedüngt- 6 ha sowie auf bisher noch unbehandelter Parzelle 9- oberer Teil: 9 ha.

Die Düngerlösung wurde hergestellt aus Fertigdünger "Kemagrün" (10+4+7+Sp), 20 kg Mg-Sulfat sowie 1 kg "Niklazell" als Haftmittel auf 100 l Lösung. Das ergibt eine Zusammensetzung von 6/3/6/0/3 vol%. Davon kamen 70 l/ha zur Anwendung.

1.1.2.8 BASF-Flüssigdünger als Mischung aus 25 l "Basfoliar 12.4.6", 25 l "Basfoliar Combi-Stipp" und 50 l Haftmittellösung, mit Zusatz von 3,3 kg "Fetrilon-Kombi", 1,5 kg MgO und 1,5 kg

KOH. Zur Anwendung gelangten 100 l/ha. Die Rein-Nährstoffmengen sind Tabelle 1 zu entnehmen.

1.2 Bodendünger

Vorerst als Vergleichsversuche zu der Hauptmaßnahme nach Punkt 1.1.2 gedacht, wurden einige kleinere Versuchspartzellen mit Bodendüngern eingerichtet. Diese Dünger sollten einerseits der Nährstoffzufuhr zu mangelhaft versorgten Bäumen über den Bodendpfad dienen, andererseits zur Melioration labiler oder degradierter Böden. Im Zusammenhang mit Schadstoffeintrag und "neuartigen Walderkrankungen" wird heute vor allem Kalkung mit Mg-haltigen Karbonaten, zur Aufbasung stark versauerter, entbaster Böden empfohlen und gleichzeitige Zufuhr von Mg oder K, welche Elemente in solchen Beständen häufig mangeln.

Im Gleinalmgebiet wurde - entgegen der allgemeinen Argumentation und den Erfahrungen in der BRD - zu einem hohen Prozentsatz auch N-Mangel in den Nadeln gefunden. Daher wurden - im Sinne von diagnostischen Düngungen gegen Waldschäden eher unorthodox - auch Stickstoffdünger vorgesehen.

Bisher wurden folgende Varianten angelegt:

1.2.1 Düngung mit 600 kg Nitramoncal und 200 kg Patentkali/ha auf Parzelle 8a, 3 ha - Fi-Jugend sowie auf Parzelle 8b, 2 ha - Fi-Altholz

1.2.2 Düngung wie oben aber zusätzlich 1,5 t/ha Mischkalk auf 0,5 ha Teilparzelle 8c.

Die Ausbringung des Kalkes und Patentkali erfolgten im Spätherbst 1986, die des Stickstoffdüngers im Frühjahr 1987.

1.2.3 1500 kg/ha "Silvital" der Firma Fattinger. Nach Auskunft des Herstellers ist die Zusammensetzung: 40% CaCO_3 , 40% MgCO_3 , 4% P_2O_5 als Rohphosphat sowie Spurenelemente. Die Ausbringung erfolgte im Mai 1987 auf 2 Standorten und zwar Parzelle 11 im Forstbetrieb Liechtenstein, 0,67 ha Fi-Stangenholz und Parzelle 12 im Forstbetrieb Hatschek, Abteilung 11e, 0,67 ha frisch durchforstetes Stangenholz.

Tab. 1: Nährstoffmengen der verschiedenen Düngervarianten in kg/ha

Variante	Parzelle	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	Spuren- elemente
Vorversuch 1986							
Sequestren	V1	0	0	0	0	0	Fe Sp.
Harnstoff	V2	9	0	0	0	0	0
Wuxal	V3	6	7,5	8,0	12,5	20	Sp.
Sequestren B.	V4	0	0	0	0	0	Fe 6
Patentkali	V5	0	0	17,5	0	56	
Blattdüngung-Hubschrauber							
1986 Wuxal 50 l	1,2,4,5,7	2	2,5	1,6	2,5	4	Sp.
1986/87 Wuxal 150 l	3,6b,6c	6	7,5	4,8	7,5	12	Sp.
1986/87 Wuxal 100 l	6a	4	5	3,2	5	8	Sp.
1986/87 Wuxal 100 l	10	4	5	3,2	5	8	Sp.
1986 Harnstoff	3b	23	0	0	0	0	0
1986/87 Wuxal 250 l + Harnstoff	3a	31	12,5	8,0	12,5	20	Sp.
1987 Fattig. Blattd.	9a	6	2	4	0	2	
1986/87 Fattig. + Wuxal	6a	8	4,5	5,6	2,5	6	
1987 BASF-Blattd.	9b	7	1,3	2	6	1,5	Mn 0,3, Fe 0,1
Bodendünger							
1986/87 Nitr.cal-Patentk.	8a,b	168	0	56	56	18	-
1986/87 " + Kalk	8c	168	0	56	950	18	
1987 Silvital	11,12	0	60	0	340	285	0
Kleinflächen 1987, Betrieb Freitag							
Petrilon	Fr 1	0	0	0	0	0,9	Mn 0,4, Fe 0,4
"Dolomit C"	Fr 2	0	0	0,15	31	40	Sp.
Vollkorn + Mischk.	Fr 3	140	60	180	780	210	Sp.
Bitters/Patentkali	Fr 4	0	0	140	0	95	0
BASF Bodendünger	Fr 5	80	0	220	320	360	-
Uni Graz 1986/87							
CMC	U 1	0	0	0	0	0	0
CMC + Serpent.	U 2	?	?	?	?	?	?
Vollk. + Mn	U 3	140	60	180	0	30	Mn Sp.
Vollk. + CMC	U 4	140	60	180	0	30	Mn Sp.
Vollk. + Kalk	U 5	140	60	180	1040	270	Sp.
(Chemie Linz)							
Blattdünger, nach Jahrgängen geordnet:							
1986 Wuxal 50 l	Parzelle	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7					
Wuxal 50 l + Harnst.	Parzelle	3a					
Harnstoff	Parzelle	3b					
1987 Wuxal 100 l	Parzelle	3, 6b, 6c, Liechtenst. 10					
Wuxal 200 l	Parzelle	3a					
Wuxal 50 l	Parzelle	6a west, 8 Streifen					
Fattinger 67 l	Parzelle	6a west, 3 Streifen oben, Fl. 9 oben					
BASF 100 l	Parzelle	9 unten					

1.3 Kleinflächige Düngungsversuche zu Jungwüchsen

In einer etwa 15-jährigen Fichtenkultur im angrenzenden bauerlichen Besitz (Ludwig Freitag, vlg. Hölzl) wurden in 6 unmittelbar benachbarten etwa 1000 m² großen Parzellen eine Reihe von Düngervarianten appliziert. Die Versuchsanordnung wurde aus mehreren Gründen gewählt: Die Tatsache, daß auch Jungpflanzen Vergilbungserscheinungen zeigen, ist besonders bedenklich. Gerade die Erhaltung von Jungbeständen ist ein besonderes Anliegen. Zahlreiche Berichte weisen andererseits darauf hin, daß Jungbestände besonders günstig auf therapeutische Düngung reagieren. Schließlich ist die Erfolgsdiagnose in einem einigermaßen homogenen Jungbestand wesentlich leichter möglich, als an Altbäumen; z.B. können Mischproben aus 1-jährigen Nadeln vieler Zweige und Bäume gewonnen werden.

Die Fläche liegt in 1150 m Seehöhe an einem 30%-geneigten NW-Hang und wie die meisten Kontrollflächen auf Amphibolit. Der Boden ist Braunerde ohne merkliche Podsolierungsmerkmale. Die Kultur zeigt starke Vergilbungserscheinungen.

Leider erwies sich der Boden erst nach der Analyse als chemisch abweichend von den Böden im engeren Projektgebiet auf gleichem Substrat. Er ist weniger sauer, nährstoffreicher, die Basensättigung merklich höher bei sonst recht ähnlicher Gesamtsituation (s. Bodenanalysen Profil 211 in MAJER et al., 1989). Inwieweit hier Unterschiede im Substrat, oder aber die unterschiedliche Bewirtschaftungsgeschichte eine Rolle spielen, ist vorerst nicht zu beantworten. Die Düngung erfolgte am 19.5.1987.

Folgende Düngungsvarianten wurden gewählt:

1.3.1 Blattdüngung mit Petrilon Combi (9% MgO, 4% Fe, 4% Mn; Zn, Cu, B) 10 kg in 1200 l/ha, versetzt mit 5 kg Agroxif- Haftmittel, versprüht mit Motorspritze. Dieser Mn-betonte Flüssigdünger wurde unter der Annahme gewählt, daß die Gelbfärbung mit Manganmangel zusammenhängen könnte, auf welchen manche Boden- und Pflanzenanalysen im Arbeitsgebiet hinweisen (MAJER et al., 1989 und ENGLISCH 1989).

1.3.2 Blattdüngung mit 150 kg "Dolomit C" gelöst auf 1200 l Wasser/ha. Dieses Spezialpräparat der Firma Fattinger hat die Zusammensetzung 0/0/0,1/20,5/27+Sp und soll durch Mg und Ca Ernährung sowie Pufferung direkt auf die Nadeloberfläche wirken. Es wurde mit Motorspritze auf die Pflanzen versprüht.

1.3.3 1000 kg Vollkorn blau (14/6/18/0/3+Sp.) + 1200 kg Mg-Mischkalk (65% CaO + 15% MgO), ausgebracht im Juni 1987 von der Chemie Linz AG. Wegen Verätzungsgefahr wäre ein granuliertes Carbonat vorzuziehen, doch dieses ist derzeit in Österreich nicht erhältlich. Die Düngerkombination wurde den Nährstoffanalysen der Nadeln und des Boden entsprechend konventionell ausgelegt.

1.3.4 300 kg/ha Bittersalz plus 500 kg/ha Patentkali. Die wasserlöslichen Sulfate sollen rasch wirksam werden, doch ist damit eine zusätzliche physiologische Säurewirkung verbunden. Die Dünger wurden von Hand gestreut.

1.3.5 2 t/ha BASF-Granulat. Es enthält N in Nitratform, K als Sulfat sowie Ca und Mg als Carbonat, in der Relation 4/0/11/16/18 und ist speziell für die Düngung versauerter Böden in Waldschadensgebieten formuliert. Rasche Zufuhr von K ist mit langsamer Aufbasung durch die Carbonate verbunden.

1.4 Eine weitere Versuchsgruppe schließlich legte 1986 Prof. Grill von der Universität Graz mit einer Reihe von "Alternativpräparaten" sowie ähnlichen wie den vorgenannten Düngerkombinationen an. Gewählt wurde eine 25-jährige, stark vergilbte Fichtenjugend in 1500 m Höhe an einem 30% geneigten SW-Hang knapp oberhalb der Düngungsparzelle 6. Folgende Varianten kamen zur Anwendung:

1.4.1 Carboxylmethylzellulose (CMC); Dosierung unbekannt.

1.4.2 CMC + 2400 kg Serpentinmehl

1.4.3 1000 kg Vollkorn blau + Mn-Sulfat

1.4.4 1000 kg Vollkorn blau + Mn-Sulfat + CMC

1.4.5 Anschließend daran wurde von der Chemie Linz AG eine ähnliche Variante wie unter 1.3.4 mit etwas höherer Kalkdosis gewählt. Und zwar: 1000 kg Vollkorn blau + 1600 kg Mg-Mischkalk.

Über diese Versuchsreihe liegt der FBVA keine Dokumentation hinsichtlich Boden- oder Nadelanalysen vor.

2 Begleitende Untersuchungen zu den Düngungsversuchen

Die relativ großflächigen Blattdüngungsparzellen erstrecken sich über unterschiedliche Standorte, Bestandesbilder, Alters- und Schädigungsstufen. Die Beobachtung und Dokumentation einer allfälligen Düngerwirkung kann hier naturgemäß nur punktwise erfolgen. Dafür bieten sich in erster Linie die zahlreichen Meßpunkte des Gesamtprojektes mit ihrem reichhaltigen Datenmaterial an. Bisher stehen zu Verfügung: Standortsbeschreibung einschließlich Vegetationsaufnahme und Bodenprofil-Beschreibung; Bodenanalysen; Nadelanalysen; Kronenansprache; an einem Teil der Flächen ferner Wurzelanalysen sowie Mykorrhizauntersuchungen. Standorts- und Bodenbeschreibung sind den Tabellen im Abschnitt MAJER et al. (1989) in diesem Band zu entnehmen.

Darüberhinaus wurden in einigen Düngungsparzellen an einer größeren Zahl von Stämmen Saftstrommessungen durchgeführt und schließlich stehen Luftbildaufnahmen vor und nach der Düngung zu Verfügung.

Leider ist das Design der Testflächen für eine exakte Erfolgsanalyse der praxisorientierten Düngungsmaßnahme doch nur beschränkt geeignet: Das Beobachtungsnetz stand schon vor der Planung der Düngungsversuche fest und es wurden die Bäume für die Nadelproben nach anderen - vornehmlich immissionsdiagnostischen Gesichtspunkten - ausgewählt. Sie liegen entlang von Höhenprofilen, sodaß die Nullflächen und Düngungsparzellen standörtlich nicht völlig vergleichbar sind - und häufig sind es einzelstehende, vorwüchsige und an exponierten Hangrücken situierte Bäume, sodaß sie durchschnittliche Standorte und Bestände nicht hinreichend repräsentieren.

Zudem wurde eine Reihe von Punkten erst 1986 erstmalig beprobt, sodaß sie (und damit einige Düngungsvarianten - z.B. die Variante "Harnstoff" keinen Vergleich mit der Ausgangslage 1985 zulassen. Der strengeren Überprüfung auf vergleichbare Standorts- und Bodenbedingungen anhand von Boden- und Nadelanalysen haben nur wenige Vergleichspaare standgehalten.

3 Bisherige Ergebnisse

3.1 Die bisher vorliegenden Standortsansprachen und Bodenanalysen können selbst nur der Beurteilung der Ausgangssituation dienen - etwa um verschiedene Parzellen miteinander zu vergleichen. Von Blattdüngung kann kaum überhaupt eine Wirkung auf den Boden erwartet werden; bei der konventionellen Bodendüngung erst nach einer gewissen Laufzeit, worüber erst eine spätere Wiederholungsaufnahme Auskunft geben kann.

3.2 Die Nadelspiegelwerte sollten rascher auf Nährstoffzufuhr reagieren. Bisher brachten die Nadelanalysen allerdings enttäuschende Ergebnisse. Aus dem Mittelwertsvergleich aller gedüngten und ungedüngten Punkte des verdichteten Kontrollnetzes ist keine nennenswerte Wirkung der Blattdüngung erkennbar (s. STEFAN, 1989), selbst bei der höchsten Dosis mit 250 l Wuxal. Die sehr ungleiche Ausgangssituation bei den Nadelspiegelwerten und deren unregelmäßige, von Baum zu Baum unterschiedliche Schwankung von Jahr zu Jahr fast bei allen Hauptnährelementen dürfte eine eventuell aufgetretene Düngerwirkung wohl völlig überdecken. Möglicherweise überdeckt auch die physiologische Kondition des Einzelbaumes eine generelle Wirkung (z.B. werden sehr niedrige Ausgangswerte nicht mehr regeneriert, während höhere Konzentrationen nach der Düngung weiter ansteigen).

Lediglich bei P zeichnet sich eine undeutliche Differenzierung durch Abnahme in den ungedüngten Flächen ab - gerade jener Nährstoff, der eigentlich nicht unzureichend vorhanden war und der mit den Düngervarianten nicht oder nur in geringer Menge zugeführt wurde!

Auch die nach standortskundlichen Gesichtspunkten ausgewählten Vergleichsbaum-Paare lassen bei keinem Hauptelement signifikante Unterschiede erkennen. Bei allen Varianten überwiegt die fortschreitende Abnahme der Spiegelwerte, insbesondere bei N und Ca. Allenfalls läßt sich eine gewisse Differenzierung der Wuxal-Behandlung bei N (geringere Abnahme von 1985 auf 1986 bzw. von 1986 auf 1987 bei den 1987 gedüngten) sowie bei Ca ablesen, ebenso die etwas positiv abweichenden Mittelwerte für N 1986; doch ist dafür keine statistische Sicherheit gegeben.

Dieses negative Ergebnis ist unerwartet nach den Erfahrungen von dem Blattdüngungsversuch im Ostrong, wo bei gleichfalls nicht extrem Mg-unterversorgten Nadeln mit dem gleichen Düngemittel sehr wohl ein signifikanter Düngungserfolg nachgewiesen werden konnte. Abgesehen von den erwähnten Schwierigkeiten des analytischen Nachweises stellt dieses negative Ergebnis die anfängliche Arbeitshypothese in der Gleinalm in Frage, wonach die Schädigungen in erster Linie mit Mg-Mangel in Beziehung stünden.

Die Bodendüngungsparzelle 8 (Nitrammoncal + Kalk) zeichnet sich durch geringere Abnahme an Ca und N sowie Zunahme an K gegenüber den Vergleichsbäumen aus, doch reicht dieser Einzelwert ebenfalls nicht für eine gesicherte Aussage aus. Überdies ist eine Wirkung bei Ca nach einer Vegetationsperiode noch wenig wahrscheinlich. Ebenso kann für die Varianten Bodendüngung 1987 in Altbeständen noch kein Ergebnis von den Nadelanalysen erwartet werden.

Wesentlich aufschlußreicher, wenn auch nicht den Erwartungen entsprechend, sind die Nadelanalysen der Düngungsreihe im Jungwuchs "Freitag". Diese Daten sind auch repräsentativer, da sie aus je 3 Mischproben zahlreicher Einzelbäume ermittelt wurden (allerdings fehlen hier entsprechende Vergleichsanalysen vor Versuchsbeginn!). Die Interpretation der Daten im einzelnen wird von STEFAN (in diesem Band) gegeben.

Die Nadelanalysen der ungedüngten Bäume zeigen unzureichende Ausstattung mit Mg und P sowie deutlichen Mangel an N; die Ausstattung mit Ca ist hingegen gut, die mit K sogar überdurchschnittlich hoch (0,75% K!).

Die Variante "Dolomit C" zeigt keine abweichenden Mg-Gehalte und sogar deutlich geringere Ca-Werte, jedoch erhöhte P-Konzentrationen. Eine unmittelbare Düngerwirkung ist daraus jedenfalls nicht abzulesen.

Die Variante "Fetrilon" unterscheidet sich ebenfalls durch höhere Gehalte an P aber auch an Ca und Mg, obwohl hier lediglich Mn zugeführt wurde.

Die Mehrnährstoffdüngung mit Vollkorn + Kalk zeigt die deutlichsten Abweichungen: Erhöhung der N-Konzentration um 70% über den Wert der O-Fläche, sowie erhöhte P- und K-Versorgung; dies würde der Nährstoffzusammensetzung des Düngers entsprechen. Die Kalkzufuhr wirkt erwartungsgemäß eher auf den Bodenzustand als daß es zu einer vermehrten Ca-Aufnahme in die Pflanze führt.

Die Parzelle mit BASF-Dünger verhält sich ähnlich: erhöhte N- und K-Spiegelwerte sowie eine undeutliche Erhöhung des Ca-Gehaltes, während P, welches hier nicht zugeführt wurde, dem Wert der O-Parzelle entspricht.

Die Parzelle mit löslichen K-Mg-Salzen zeigt erhöhte K- und N-Spiegelwerte, jedoch keine Abweichung des Mg-Gehaltes.

Die Zufuhr von K und N schlägt sich deutlich in den Nadelanalysen nieder. Trotz hoher Ausgangs-Ausstattung mit K sind die gedüngten Varianten noch weiter erhöht, die markante Erhöhung des N-Gehaltes ist angesichts des akuten N-Mangels verständlich.

Von der O-Parzelle abweichende Nährstoffgehalte in den Nadeln entsprechen jedoch keineswegs in allen Fällen den zugeführten Düngerelementen. So ist etwa die nach Mg-Düngung (Bittersalz, Dolomit C, BASF) zu erwartende Erhöhung des Mg-Gehaltes aus dem Bereich der Untersorgung heraus (noch?) ausgeblieben. Die höchsten Mg-Gehalte zeigten hingegen gerade jene Variante (Fetrilon), wo gar kein Mg zugeführt wurde. Sofern die Schwankungen nicht überhaupt nur in der natürlichen räumlichen Streuung begründet sind, könnten hier physiologische Umwegwirkungen angenommen werden; etwa: verbesserte Mg-Aufnahme nach Behebung eines Mn-Mangels (Mn-Analysen des Nadeljahrganges 1988 könnten erst Auskunft über die tatsächliche Mn-Versorgungssituation geben).

3.3 Gelände-Aspekt

Bei den meisten Düngungs-Parzellen, insbesondere den Großdüngungsflächen, ist bisher kein okularer Unterschied zu den unbehandelten Beständen erkennbar. Dies ist bei den ungleichmäßigen Bestandesbildern und dem bunten Wechsel mehr oder weniger vergilbter oder absterbender Bäume allerdings schwierig.

Lediglich einige Parzellen bilden eine Ausnahme:

Einmal der mit 'Silvital' (P-Ca-Mg-Bodendünger) gedüngte Bestand in Vorder-Weißenbach (Parzelle 8), welcher - Stand Mai 1988 - offensichtlich einheitlicher grün erscheint als die Nachbarbestände.

Ganz markant ist die Düngerwirkung in den N-Mehrnährstoff-Parzellen der Jungwuchs-Versuche erkennbar: Insbesondere die Vollkorn-Kalk-Varianten im Versuch Freitag und im Lenzmairwald, etwas schwächer die BASF-Volldünger-Parzelle bei Freitag heben sich exakt entlang der Parzellengrenzen durch dunkelgrüne Färbung von den umgebenden vergilbten Jungbeständen in der Landschaft ab.

Dieser einseitige Düngungserfolg mit klassischen N-betonten Mehrnährstoffdüngern - ebenso wie der Mißerfolg der Blattdüngung war nach der Arbeitshypothese des Projektes allerdings unerwartet.

Eine Auswertung der Kronenansprache, der Luftbilder sowie der Saftstrommessungen stehen noch aus, wonach eine bessere Interpretation allfälliger Düngungserfolge erwartet werden kann.

4 Literatur

ADAM, K., 1985: Versuche zur Minderung der Walderkrankung.

Teil II: Versuche mit neuen Präparaten und Verfahren zur Behandlung der Walderkrankung. Mitt.d. Forstl. Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg.

BORN, H.U. und SAUERWEIN, 1984: Vitalisierung erkrankter Wälder über Blätter und Nadeln. Unveröff. Ber. Schering, Düsseldorf.

- ENGLISCH, M., 1989: Schwermetallgehalte in den Böden der Gleinalm. Mitt. Forstl. Bundesvers. Anst. Wien, 163/Bd. II.
- HÜTTL, R.F., 1987: Neuartige Waldschäden, Ernährungsstörungen und Düngung. AFZ 12:289-299.
- KAUPENJOHANN, M., ZECH, W., HANTSCH, R. und HORN, R., 1987: Ergebnisse von Düngungsversuchen mit Magnesium an vermutlich immissionsgeschädigten Fichten (*Picea abies* [L.] Karst.) im Fichtelgebirge. Forstw. CBl. 78-83.
- KILIAN, W., 1977: Zur Nährstoffaufnahme der Fichte (*Picea abies* (L.) Karst) über die Nadeln. I. Teil: Die Aufnahme von Kalium und Phosphor. Centralbl. f.d.ges. Forstw., Wien, 94 Jg, Nr. 1:32-49.
- KILIAN, W., 1979: Zur Nährstoffaufnahme der Fichte (*Picea abies* (L.) Karst.) über die Nadeln. II. Teil: Aufnahme von Stickstoff - Pflanzenverträgliche Lösungskonzentrationen. Centralbl. f.d.ges. Forstw. Wien, 96. Jg, Nr. 3:145-161.
- KILIAN, W., 1988: Düngungsversuche zur Revitalisierung geschädigter Fichtenbestände am Ostrong. FBVA-Berichte - Schriftenr.d.Forstl.Bundesvers.Anst. Wien, Heft 31.
- MAJER, Ch., KILIAN, W. und MUTSCH, F., 1989: Die Böden im Gleinalmgebiet. Mitt. Forstl. Bundesvers. Anst. Wien, 163/Bd. I.
- SCHRÖDER, M., 1984: Bisherige Erfahrungen mit Blattdüngern im Forst. Vortrag 19.6.1984 in Herscheid sowie unveröff. Vers.-Ber. Schering, Düsseldorf.
- STEFAN, K., 1989: Schadstoff- und Nährstoffgehalte in Fichtennadeln im Gleinalmgebiet. Mitt. Forstl. Bundesvers. Anst. Wien, 163/Bd. II.
- ZECH, W., 1983: Kann Magnesium immissionsgeschädigte Tannen retten? Allg. Forstz. 38, 1983, S 237.

LEITFÄHIGKEIT, AST- UND NADELBIOMETRIE VON FICHTEN IM SCHADENSGBIET GLEINALPE

Christian Tomiczek

1 Problemstellung

Seit etwa 1979 treten im Bereich der Gleinalpe in der Steiermark Schadenssymptome an Fichten aller Altersklassen in zunehmenden Maße auf (siehe Foto 1). Beginnend mit Nadelvergilbung, Terminaltriebverkürzung kommt es in der Folge zum Absterben von Einzelbäumen und Baumgruppen.

Ziel dieser Studie ist die Klärung der Frage, durch welche leicht und rasch erfaßbaren Parameter sich geschädigte und ungeschädigte Fichten im Schadensgebiet der Gleinalpe voneinander unterscheiden.

2 Methodik

An vier Standorten im Revier "Gleingraben" wurden insgesamt an 24 vergleichbaren Randfichten:

- + Der Brusthöhendurchmesser (BHD) und die Baumhöhe,
- + der Benadelungszustand okular nach folgenden Kriterien
grün, voll benadelt = Plusbaum (+) (siehe Foto 2)
gelbgrün, voll benadelt = Plus(Minus)baum (+) (s. Foto 3)
orangegelb, teilbenad. = Minusbaum (-) (siehe Foto 4)
beurteilt.

Sodann wurde von jedem Probestamm ein Ast vergleichbarer Astansatzhöhe (ca. 150 - 200 cm), Astdurchmesser und Exposition ausgewählt und die elektrische Leitfähigkeit des Bastgewebes gemessen.

Anschließend wurden die ausgewählten Äste entnommen, das 100-Nadelfrischgewicht an Ort und Stelle mittels elektr. Digitalwaage ermittelt, sodann die Äste in Plastiksäcken einzeln verpackt und im Labor der Forstlichen Bundesversuchsanstalt

- + das Trieblängenwachstum (von 1982-1986)
- + die durchschnittliche Nadellänge je Nadeljahrgang (1982-1986)
- + die Nadelzahl je cm Trieblänge (getrennt nach Jahrgängen 1982 - 1986)
- + das Wassersättigungsgewicht von 100 Nadeln je Jahrgang (48h in H₂O-dest. in Petrischalen)
- + das 100-Nadel Trockengewicht (24h bei 135°C in der Trockenkammer

bestimmt.

3 Methodik der Leitfähigkeitsmessungen

Die Messungen der elektrischen Leitfähigkeit des Bastgewebes erfolgte mittels Digitalimpulsstromgerät Conditiometer AS - 1 in Verbindung mit einer Doppelnadelsonde (siehe Foto 5) mit teflonbeschichteten Elektroden und nicht isolierten Nadelspitzen (vgl. JOHANN u. TOMICZEK, 1984 sowie TOMICZEK 1987). Gemessen wurde in 1,30 und 3,0 Meter Baumhöhe im Stammbereich (4 Messungen nach Lage der Himmelsrichtungen), sowie an den ausgewählten Ästen in 10 cm Abständen an der Astoberseite beginnend an der Astansatzstelle beim Stamm bis zur Astspitze fortschreitend.

4 Ergebnisse

Die in Tabelle 1-5, sowie in den Abbildungen 1-22 dargestellten Meßergebnisse zeigen, daß die ausgewählten Parameter eine deutliche Unterscheidung geschädigter und ungeschädigter Fichten in den untersuchten Standorten zuläßt.

So betrug die durchschnittliche Trieblänge der symptomfreien Plusbäume 12,2 cm/Jahr (1982-86), die der Minusbäume (deutliche Schadenssymptome) nur 7,7 cm/Jahr (1982-86). Bei allen 3 Baumgruppen war während der Beobachtungsperiode 1982-85 eine Abnahme der durchschnittlichen Trieblänge je Jahrgang festzustellen, die 1986 von einer Erholungsphase unterbrochen wurde.

Weniger markant sind die Unterschiede bei den Mittelwerten der Nadellängen (16,92 mm Ø Nadellänge bei den Plusbäumen, 16,12 mm bei den Plus(Minus)bäumen, 14,04 mm bei den Minusbäumen). Betrachtet man die Nadelanzahl pro Triebblängenzentimeter, so muß man feststellen, daß hier nur geringe, unspezifische Unterschiede bestehen. Große Unterschiede ergaben sich bei den 100-Nadelfrischgewichten. Das 100-Nadelfrischgewicht der Plusbäume liegt im 5-jährigen Durchschnitt von 1047 mg fast doppelt so hoch, wie das der Minusbäume mit 572 mg Durchschnittsgewicht. Der Vergleich der Trockengewichte von 100 Nadeln zeigt ein ähnliches Bild, aber geringfügigere Gewichts differenzen (430 mg : 5-Jahresmittel der Plusbäume, sowie 290 mg der Minusbäume). Interessant ist die Tatsache, daß sowohl bei den Plusbäumen, als auch bei den Minusbäumen eine stätige Abnahme der 100-Nadelfrischgewichte zu beobachten ist, während die Plus(Minus)bäume keiner Tendenz folgen. Vergleicht man die im Waldschadensgebiet der Gleinalm gewonnenen ast- und nadelbiometrischen Daten mit Ergebnissen des Immissionsgebietes "Arnoldstein" (vgl. Stefan, 1982), so zeigt sich, daß

1. die 100-Nadelgewichte der Proben "Arnoldstein" höher liegen als die Gewichte der Nadelproben aus dem Gleinalmgebiet.
2. Die 100-Nadelgewichte der Minusbäume aus dem Probengebiet Gleinalm durchschnittlich um 300-400 mg niedriger sind als die Vergleichswerte "Arnoldstein".
3. Die durchschnittlichen Nadellängen der Probebäume "Gleinalm" fast ausschließlich unter den Nadellängen "Arnoldstein" liegen.
4. Die Nadeldichte der Proben "Arnoldstein" deutlich höher ist, als die der Proben "Gleinalm".

Die im Waldschadensgebiet der Glein gemessenen Nadel- und astbiometrischen Meßdaten weisen darauf hin, daß:

1. die Fichten des Gleingrabens schon länger als 5 Jahre geschädigt sind
2. 1986 eine leichte Besserung der Situation eingetreten ist
3. auch die als Plusbäume (grün, voll benadelt) eingestuftten Fichten Wachstumsdepressionen zeigen, die bereits

- auf eine mögliche l a t e n t e Schädigung hindeuten
4. die Nadeln der Plusbäume wesentlich mehr Wasser enthalten, als die Plus-Minus/- u. Minusbäume.

Ähnliche Ergebnisse brachten die elektrischen Leitfähigkeitsmessungen, welche durch ihre Abhängigkeit von Wasser- und Ernährungszustand des Phloem, Kambium- und Xylemgewebes indirekt Aufschluß über die "Vitalität" der Pflanzen geben. Der elektr. Widerstand der Plusbäume lag gemessen in BHD im Mittel bei 13 KOhm, der der Plus(Minus)bäume bei 16 KOhm und der der Minusbäume bei 19 KOhm.

Noch deutlicher sind die Leitfähigkeitsunterschiede in 3,0 Meter Baumhöhe (Plusbäume 26 KOhm, Minusbäume 58 KOhm).

Die Conditiometermeßwerte an der Astoberseite zeigen eine auffällige Verminderung der elektr. Leitfähigkeit der Plus-(Minus)bäume und der Minusbäume, welche besonders etwa ab der Astmitte zur Astspitze fortschreitend augenscheinlich wird (siehe Abb. 22) und mit dem niedrigeren Wassergehalt der Zweige und Nadeln in Zusammenhang steht.

5 Zusammenfassung

An drei verschiedenen Standorten der Gleinalpe wurden astbiometrische Untersuchungen und elektrische Leitfähigkeitsmessungen an Fichten verschiedener Schadstufen vorgenommen. Die Auswertung astbiometrischer Daten ergab eine deutliche Reduktion des Trieb-längenwachstums, sowie der Nadelmasse der geschädigten Fichten gegenüber den schadsymptomfreien Fichten.

Elektrische Leitfähigkeitsmessungen des Bastgewebes im Stamm- und Astbereich bestätigen die Vermutung, daß das Schadbild der Fichte entweder durch eine verminderte Aufnahme und Transport von Wasser- und Nährstoffen oder durch eine erhöhte Transpirationsrate hervorgerufen wird.

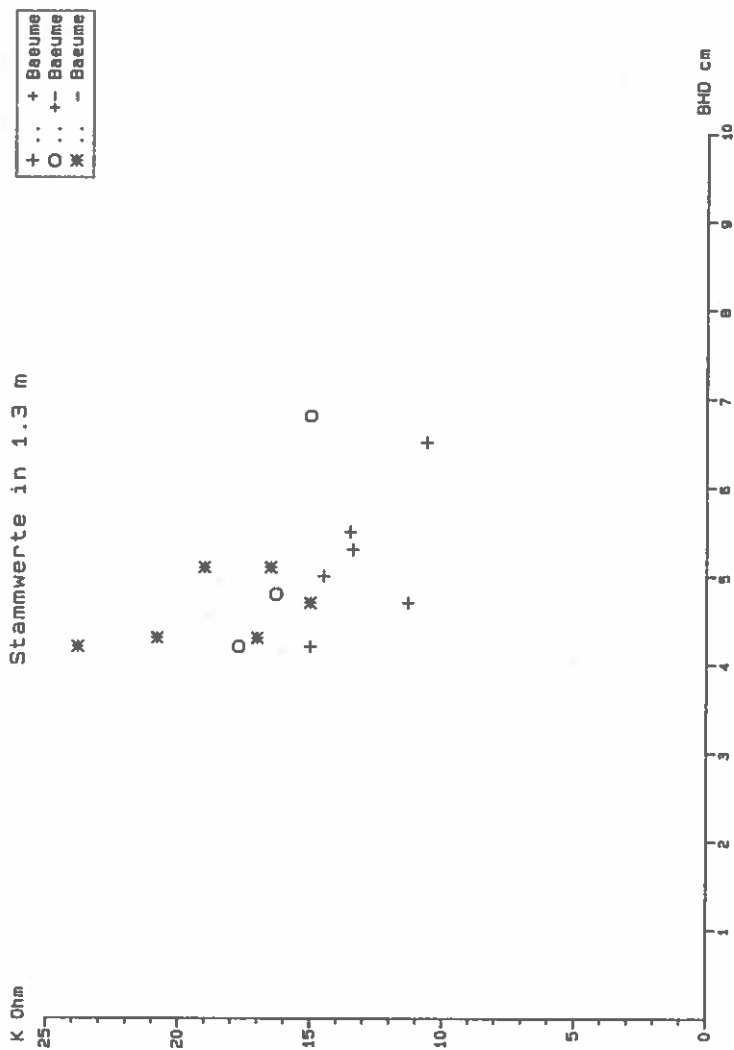
6 Literatur

- JOHANN, K. u. Ch. TOMICZEK, 1984: Vitalitätsmessungen an Fichte und Kiefern mittels Digitalströmungsmeßgerätes und Zusammenhänge mit ertragskundlichen Meßgrößen.
AFZ 10/1984 Inform.d.FBVA 225 Fg.
- TOMICZEK, Ch., 1987: Schadensbeurteilung einer Waldbrandfläche mittels Digitalimpulsstromgerät.
AFZ 4/1987.
- STEFAN, K., 1982: Darstellung der Immissions- und Ernährungssituation der Wälder im Raum Gailitz-Arnoldstein mit Hilfe chemischer Analysen von Fichtennadeln.
Carinthia II, Sonderheft 39, Immissionsök. Projekt Arnoldstein.

Mittelwerte (+) Bäume				
	TRIEBLÄNZE cm	NADELLÄNGE m	NADELLZAHL St/cm	100-NADELGEWICHT mg
1986	10.4	16.0	22.0	799.5
1985	9.9	16.3	22.2	944.0
1984	11.9	17.3	22.0	1013.2
1983	14.7	17.4	20.5	1047.2
1982	14.8	18.7	17.5	1462.5
Mittelwerte (+ -) Bäume				
	TRIEBLÄNZE cm	NADELLÄNGE m	NADELLZAHL St/cm	100-NADELGEWICHT mg
1986	10.0	16.2	18.0	800.0
1985	9.3	14.9	18.0	713.3
1984	9.7	16.4	18.3	950.0
1983	11.7	16.6	16.3	866.7
1982	10.1	16.3	14.0	746.7
Mittelwerte (-) Bäume				
	TRIEBLÄNZE cm	NADELLÄNGE m	NADELLZAHL St/cm	100-NADELGEWICHT mg
1986	4.8	11.5	17.2	437.2
1985	4.4	12.4	19.8	491.8
1984	6.7	13.5	21.5	541.2
1983	8.9	15.1	15.5	623.2
1982	9.9	14.8	17.0	552.3
Mittelwerte alle Bäume				
	TRIEBLÄNZE cm	NADELLÄNGE m	NADELLZAHL St/cm	100-NADELGEWICHT mg
1986	8.1	14.3	19.7	654.7
1985	7.4	14.5	20.4	729.0
1984	9.4	15.6	21.1	811.7
1983	11.8	16.3	17.7	841.5
1982	11.9	16.9	16.5	1056.0

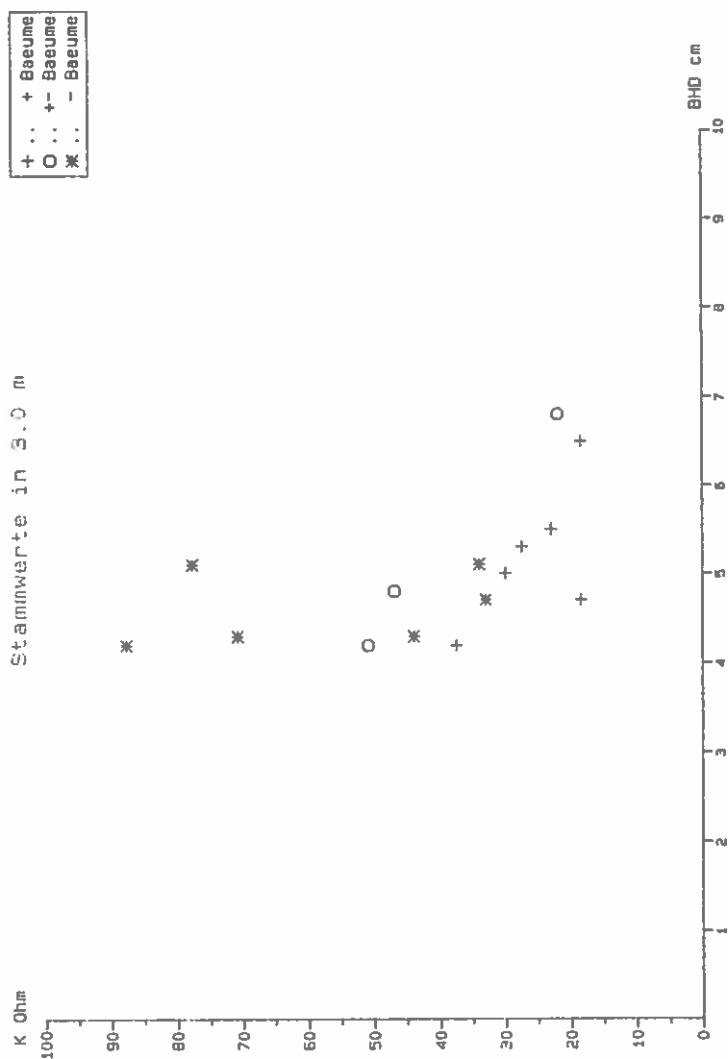
PROJEKT GLEINALM

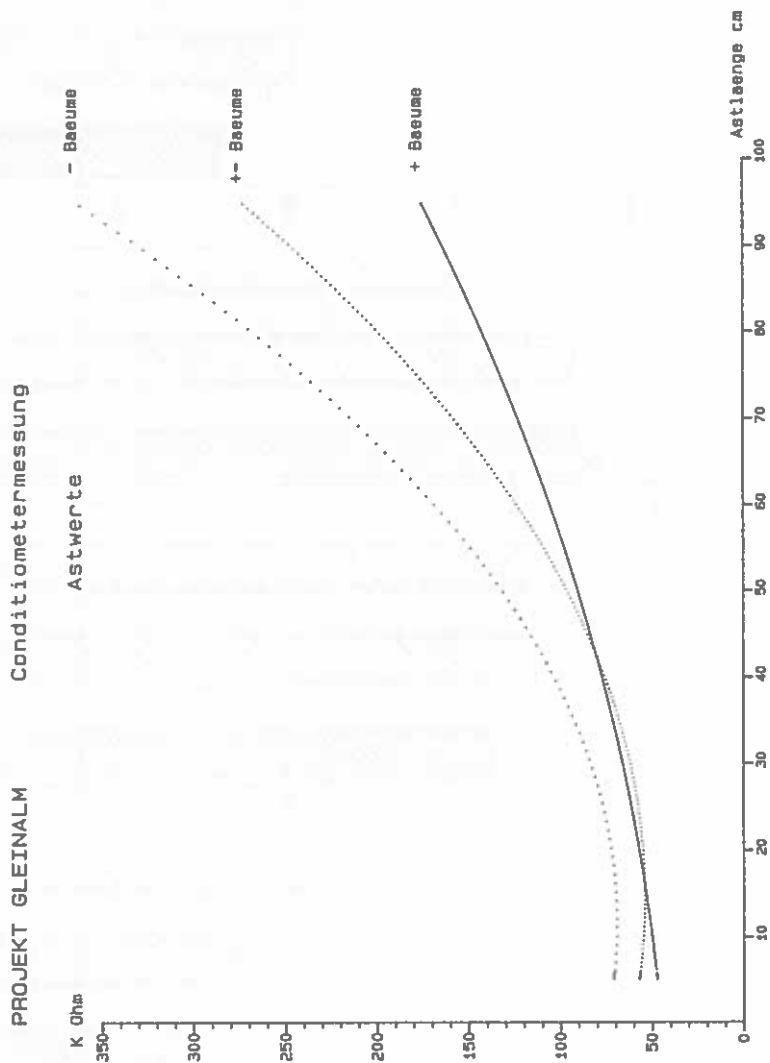
Conditiometermessung



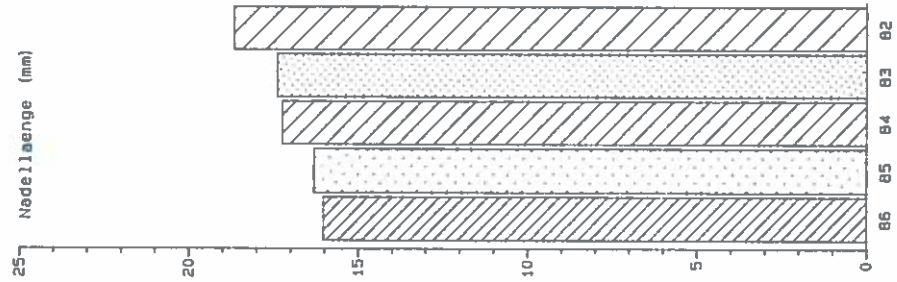
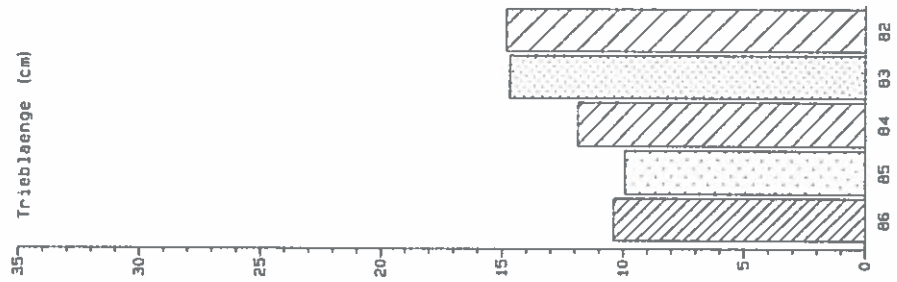
PROJEKT GLEINALM

Conditiometermessung

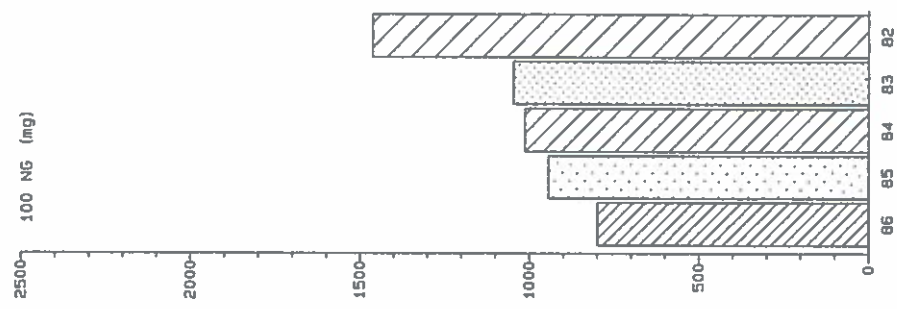
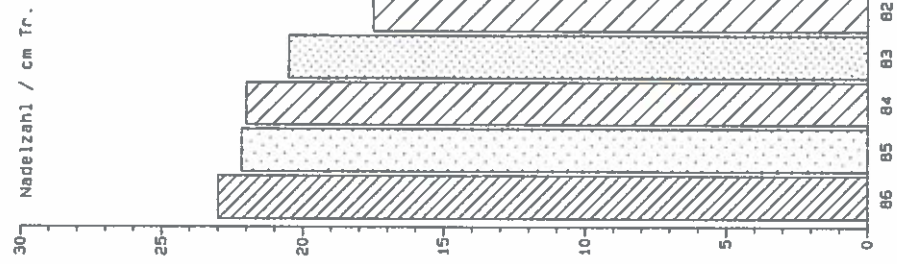




PROJEKT GLEINALM

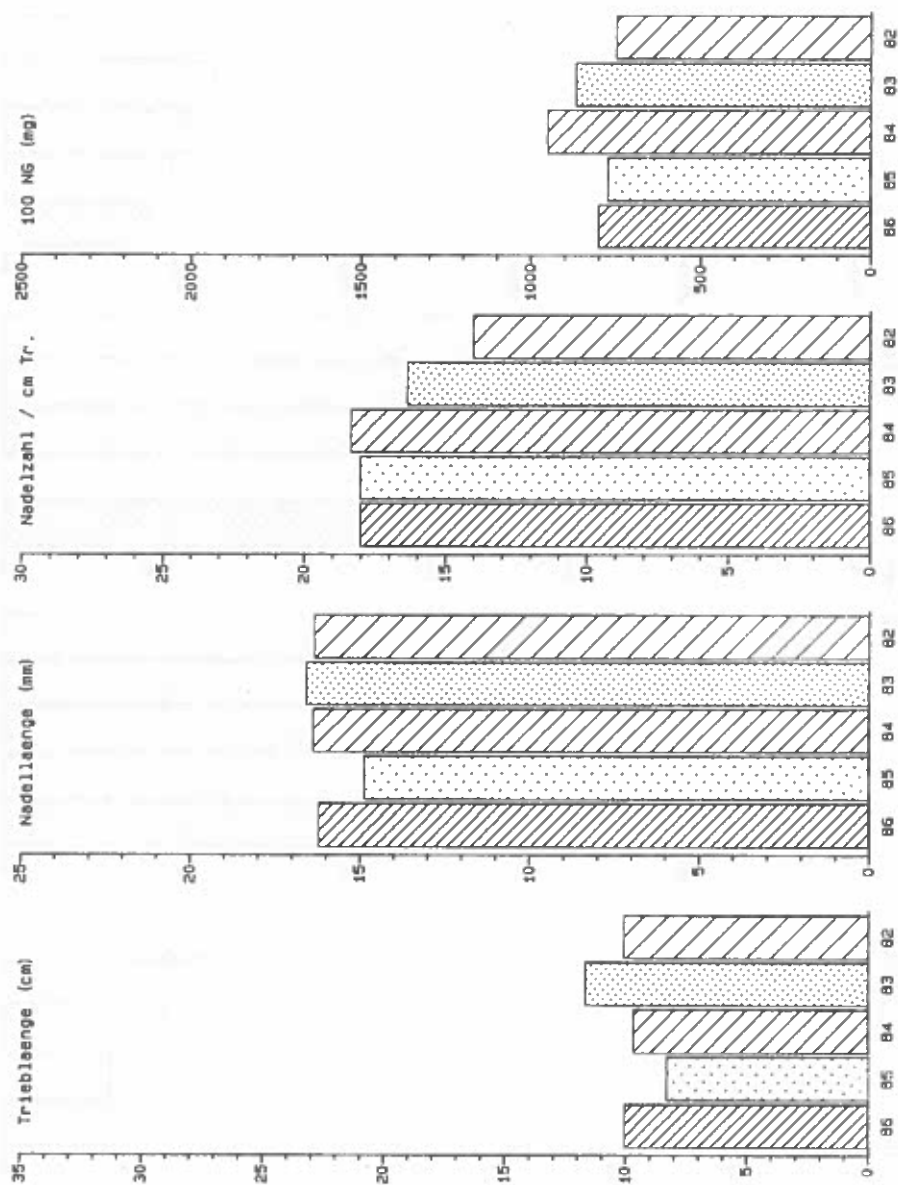


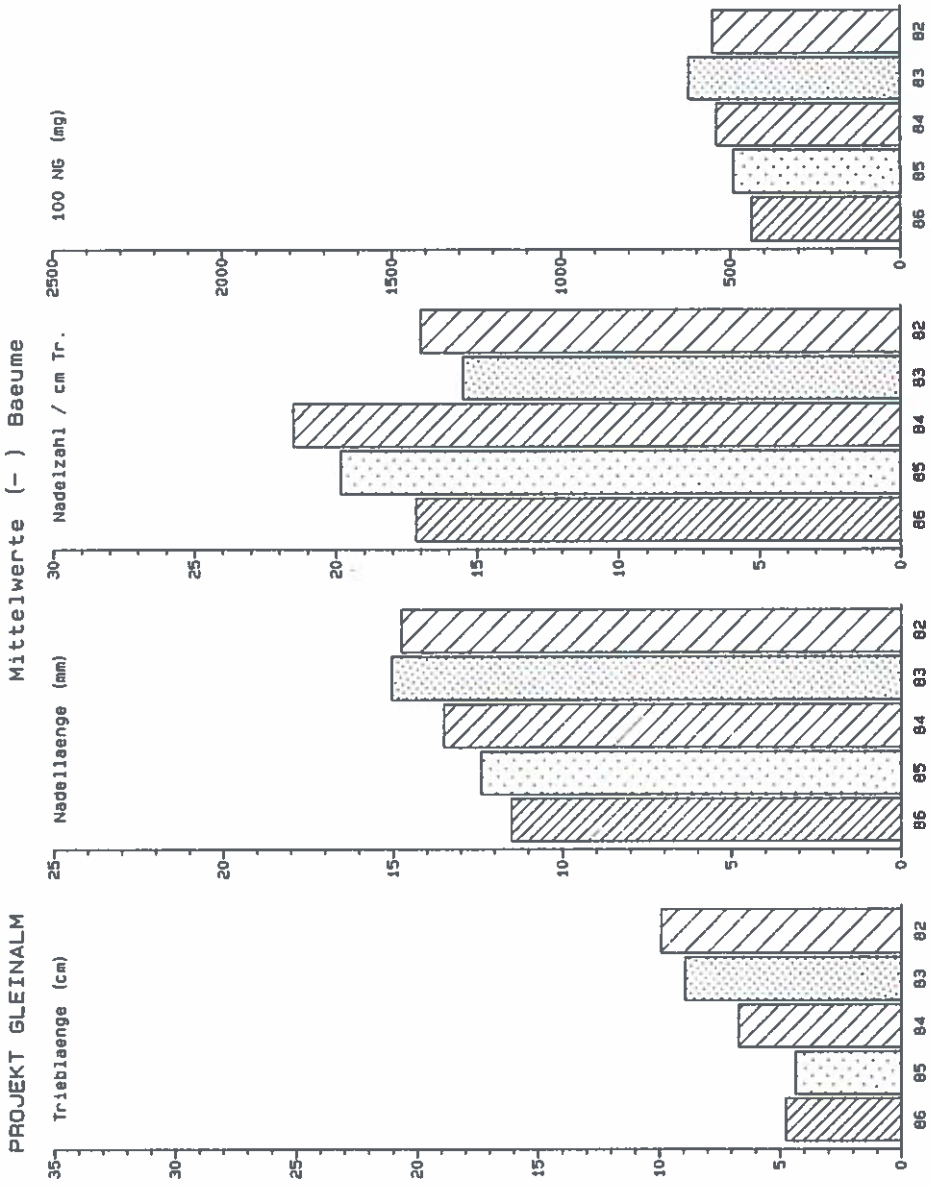
Mittelwerte (+) Bäume



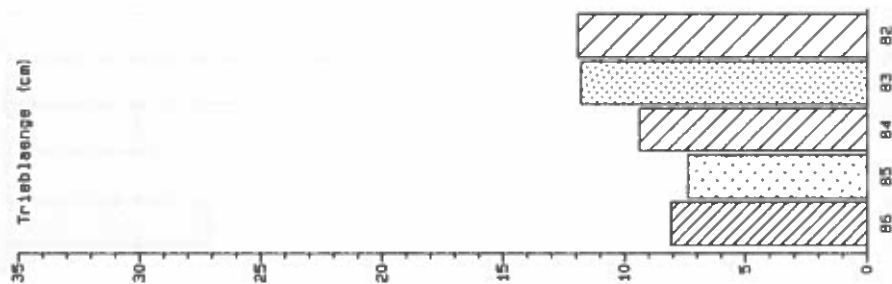
PROJEKT GLEINALM

Mittelwerte (+-) Bäume

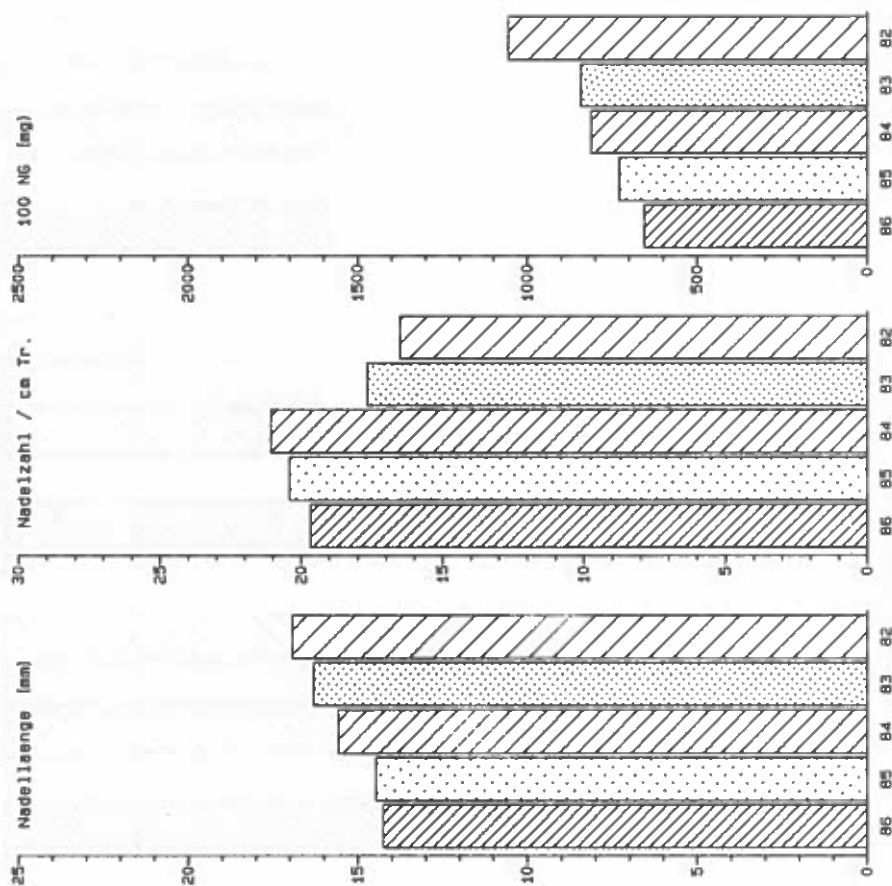




PROJEKT GLEINALM

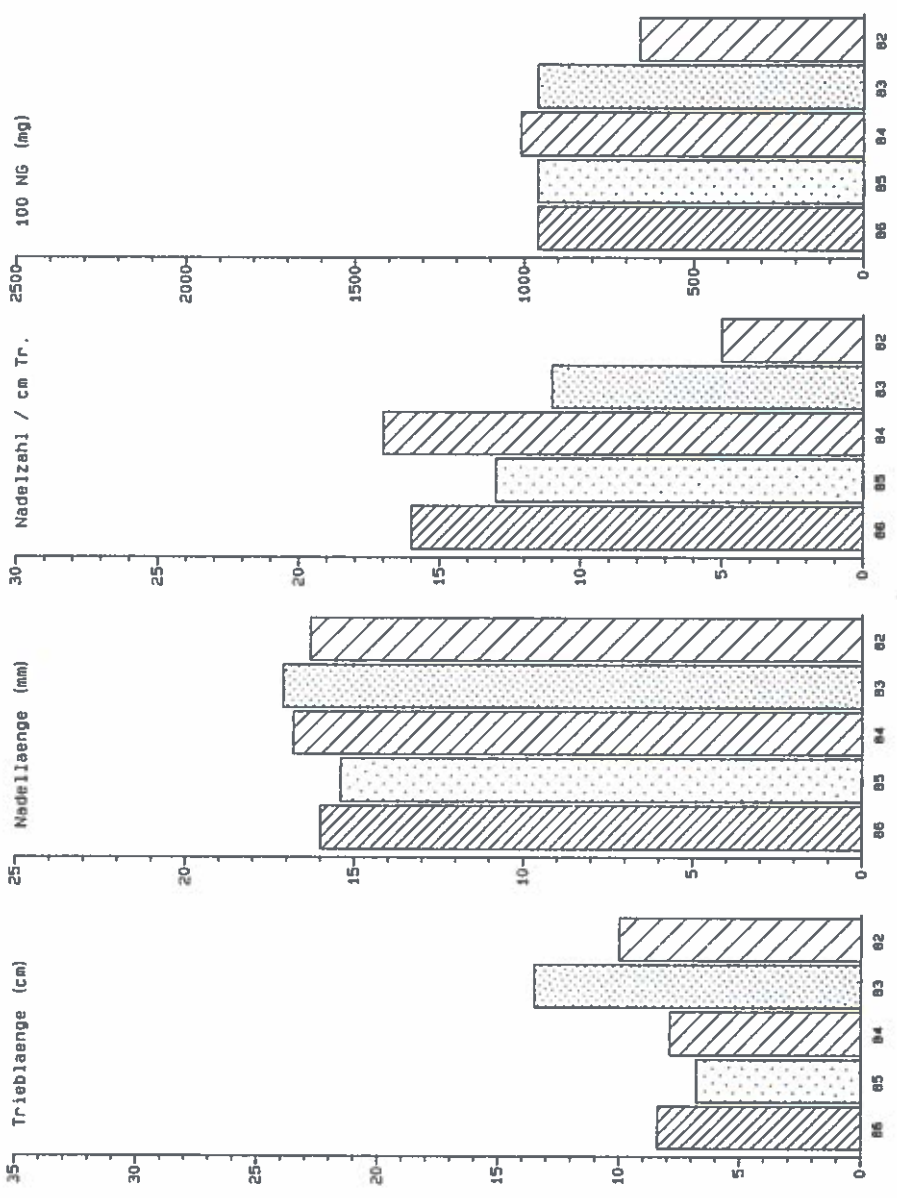


Mittelwerte alle Bäume



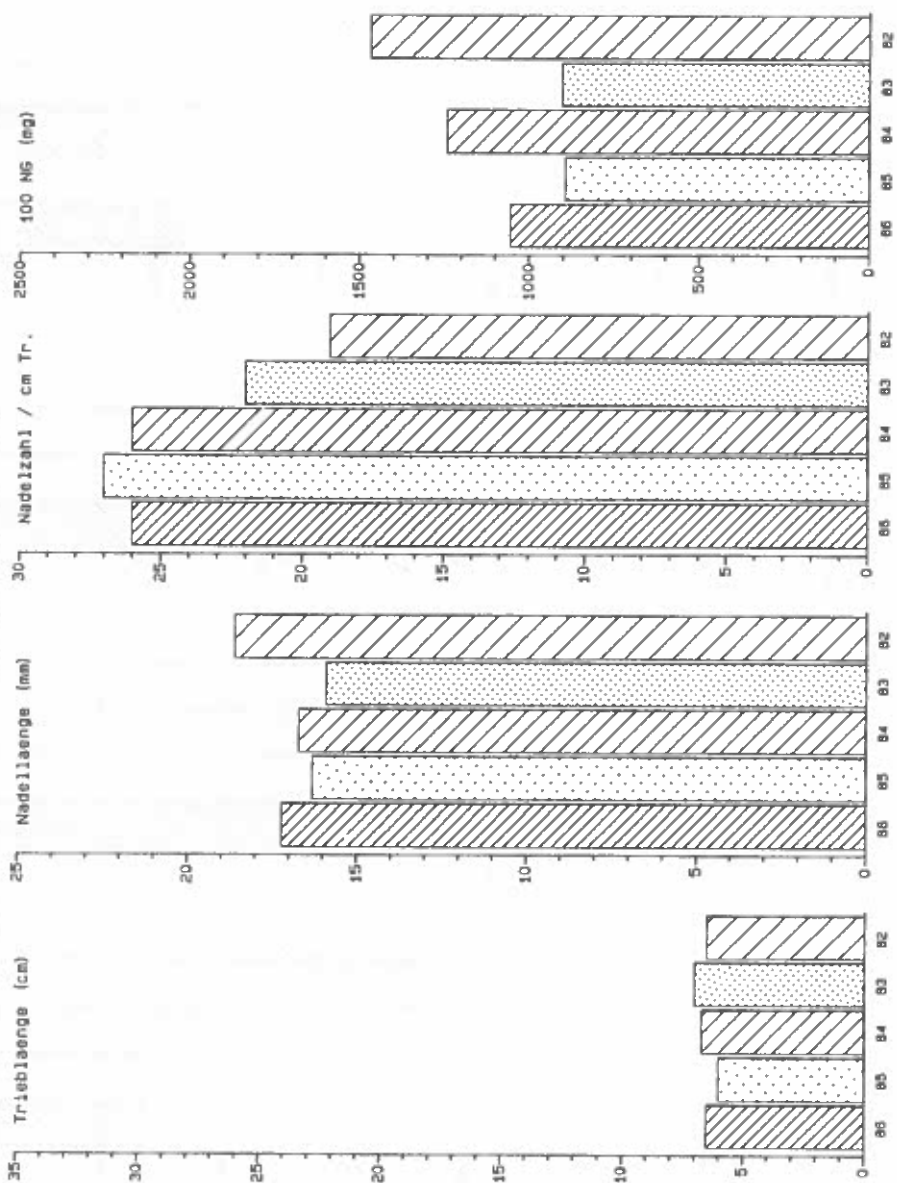
Baumnummer: 1 (+)

PROJEKT GLEINALM



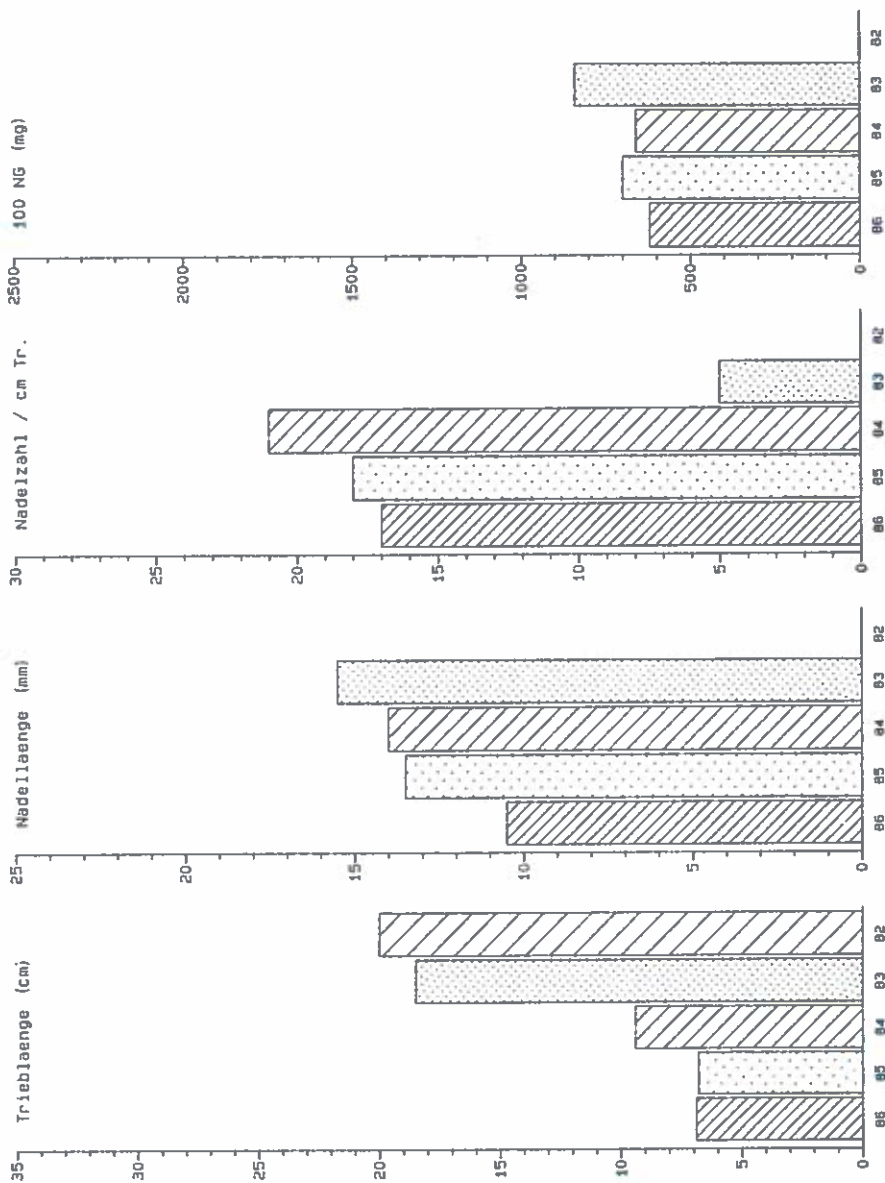
PROJEKT GLEINALM

Baumnummer: 2 (+)



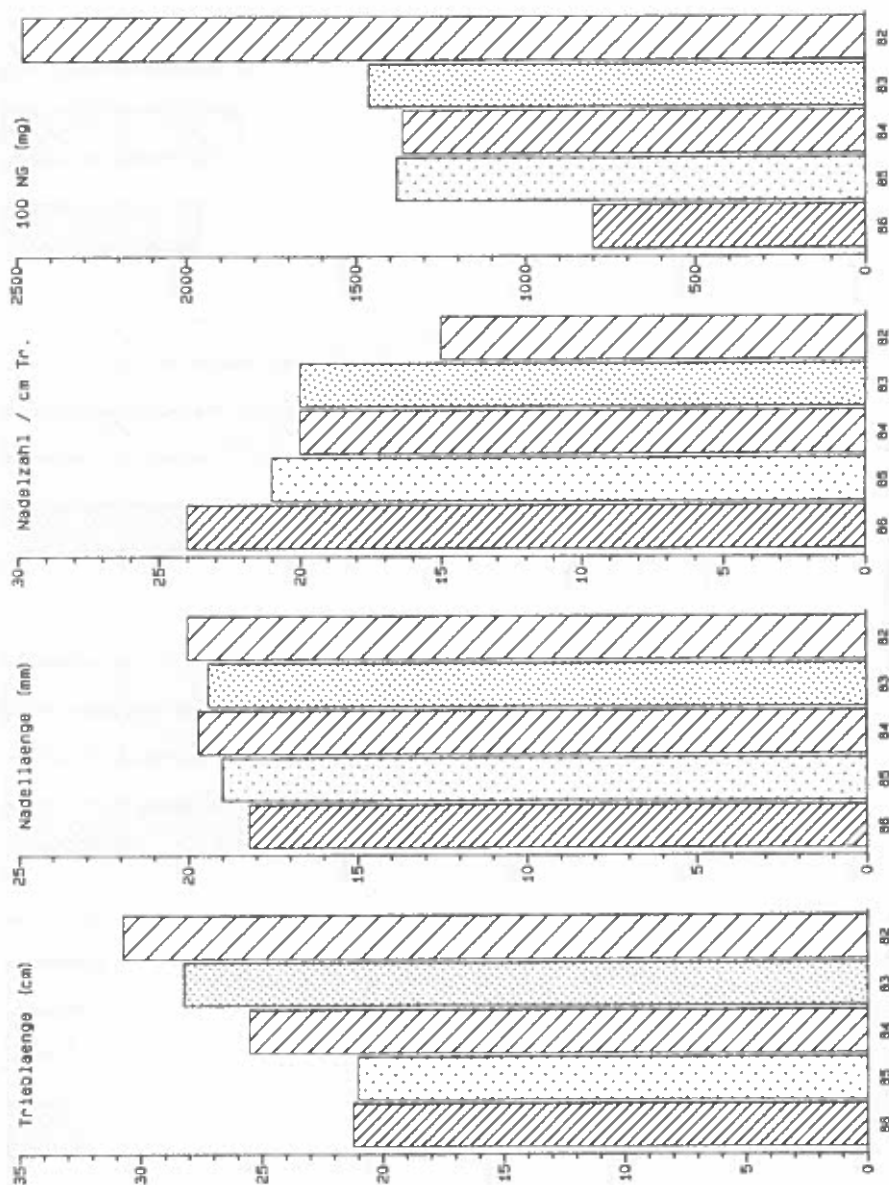
PROJEKT GLEINALM

Baumnummer: 3 (-)



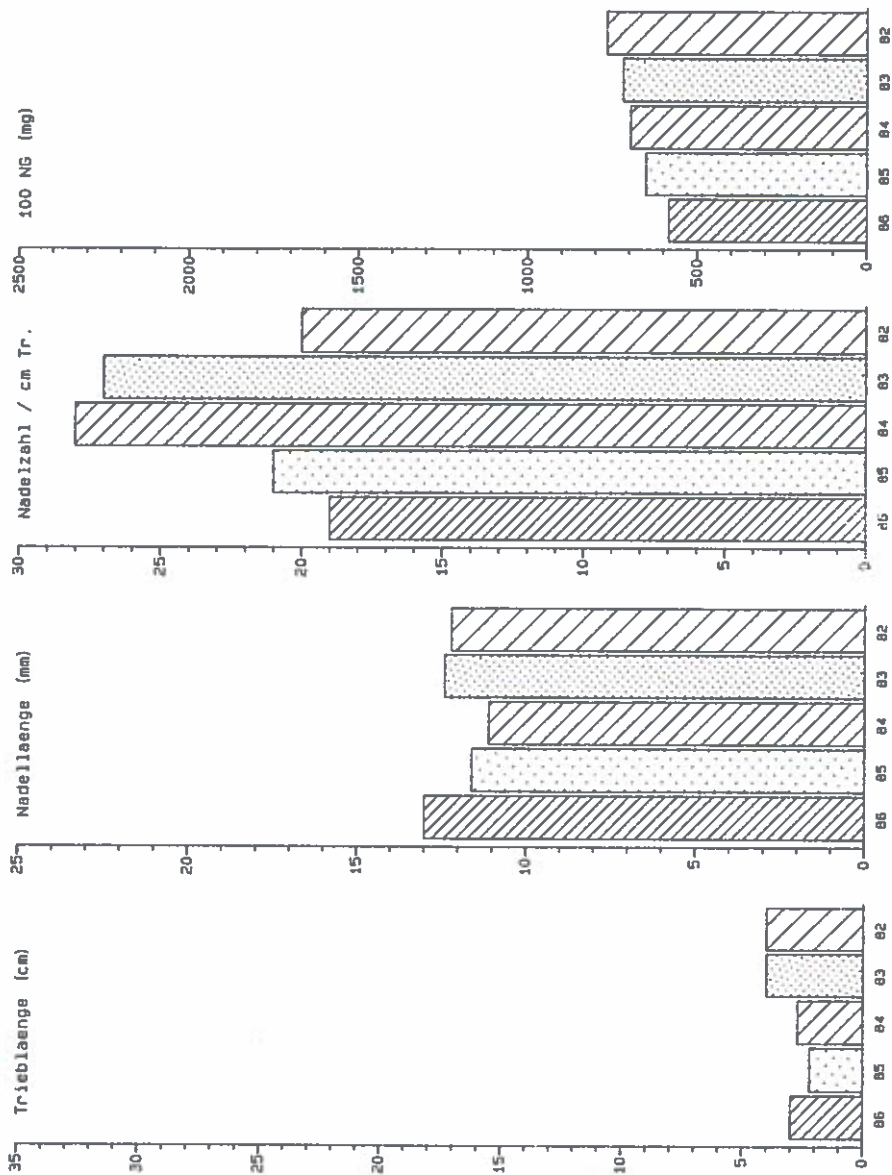
Baumnummer: 4 (+)

PROJEKT GLEINALM



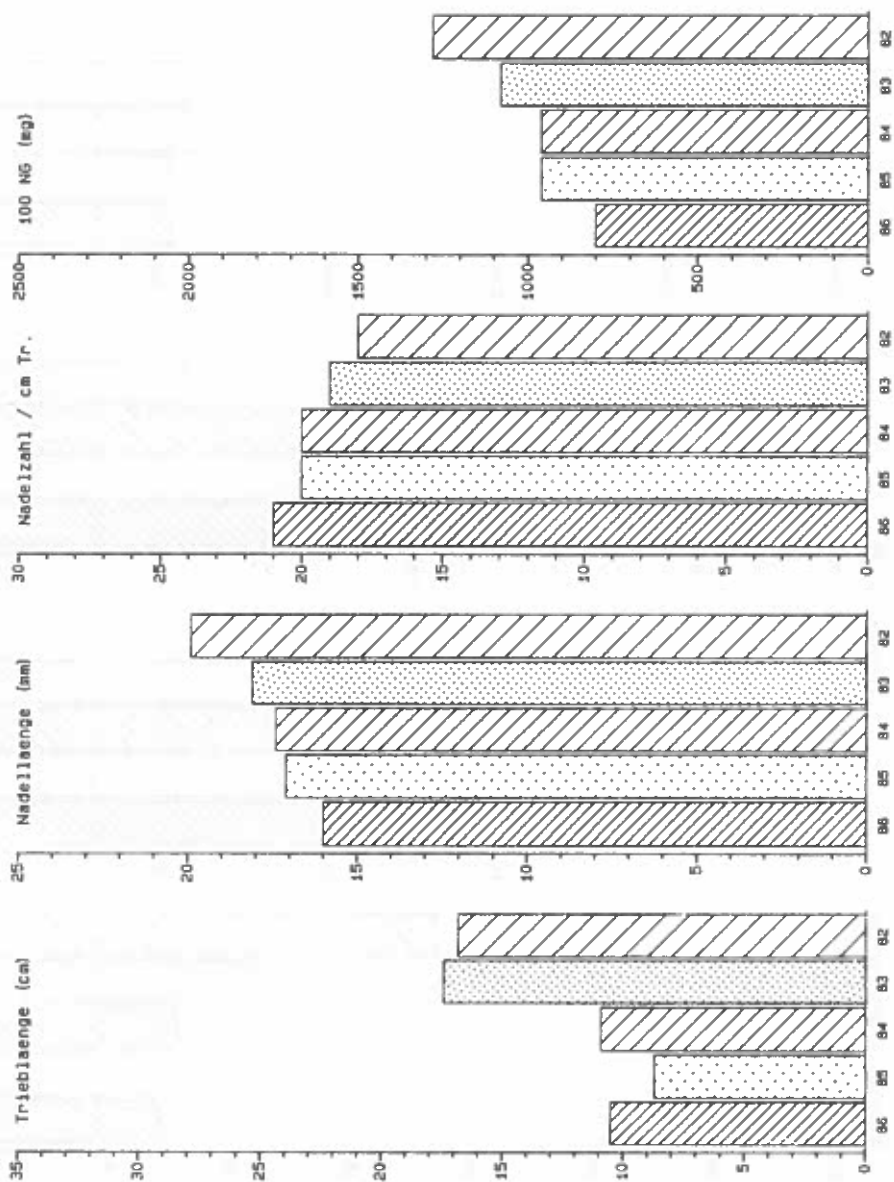
PROJEKT GLEINALM

Baumnummer: 5 (-)



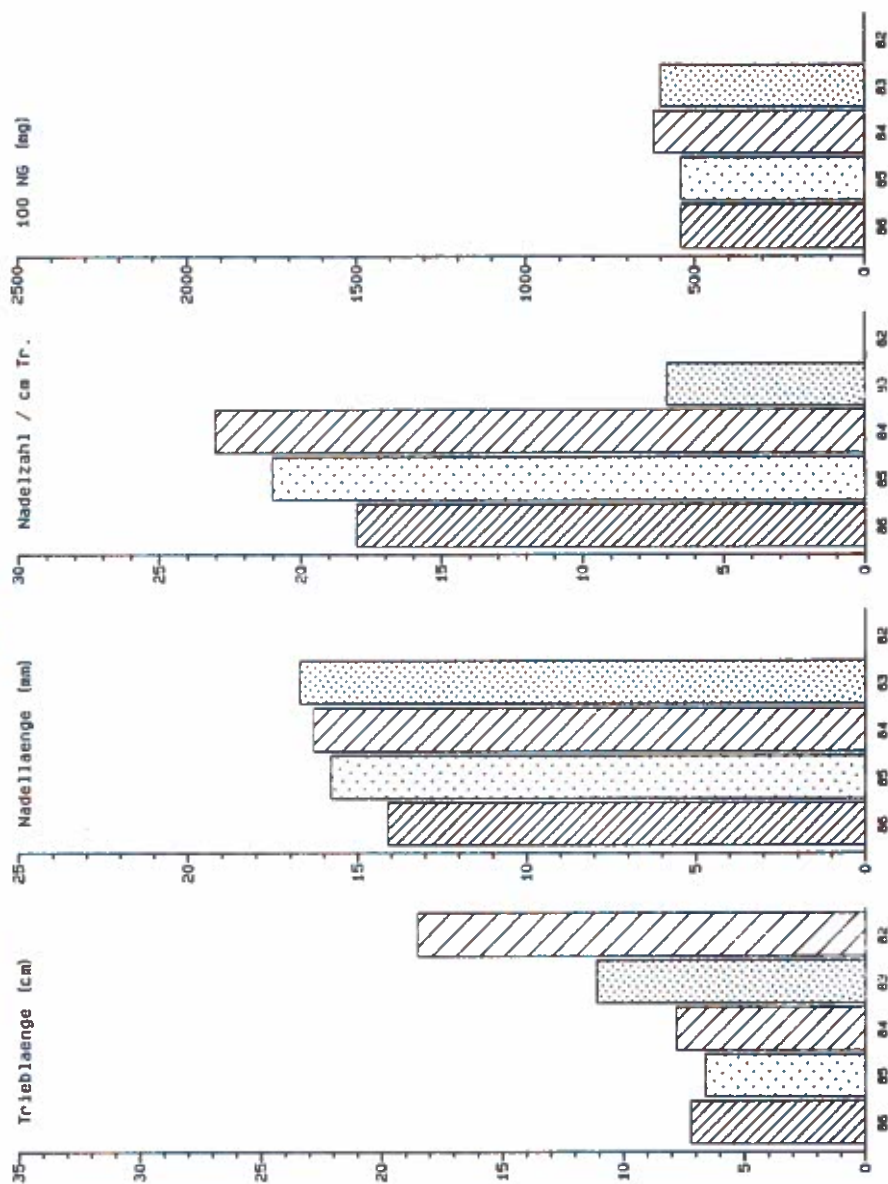
PROJEKT GLEINALM

Baumnummer: 6 (+)



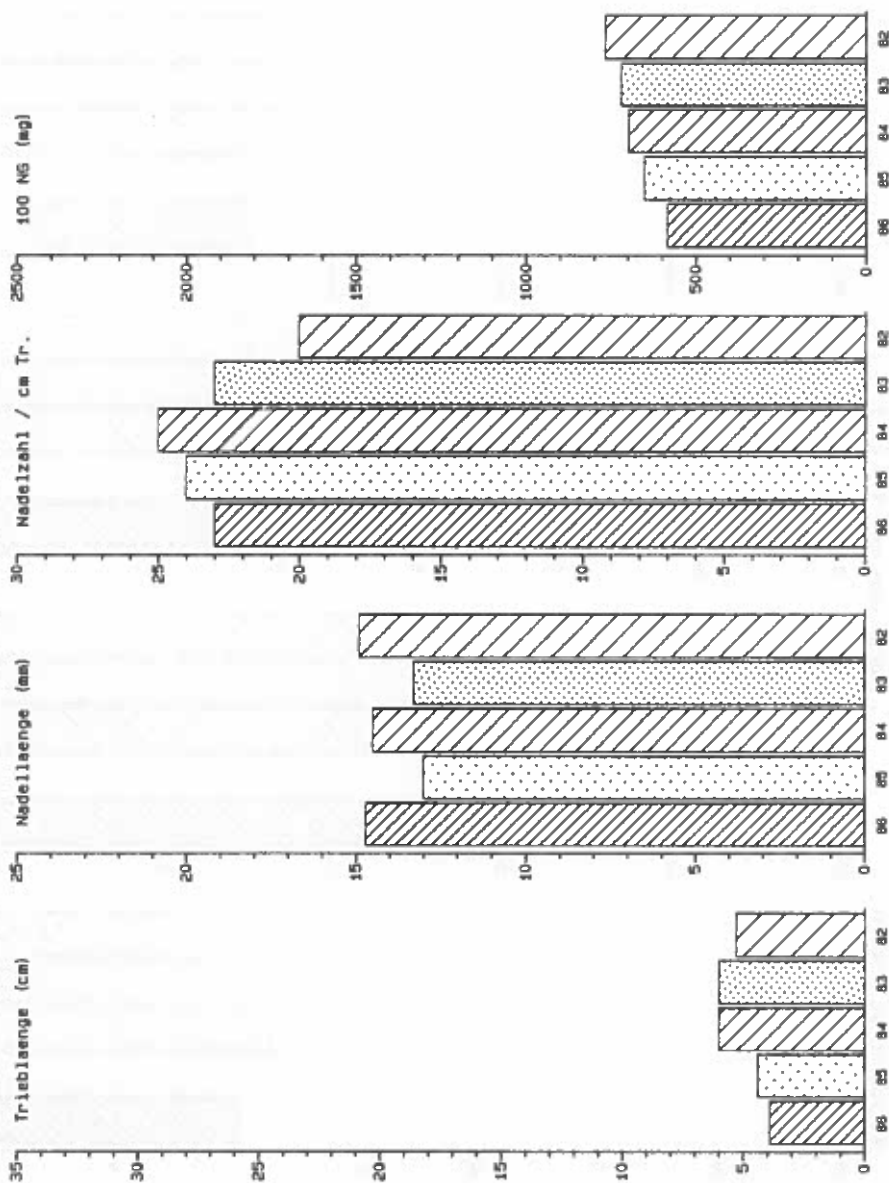
PROJEKT GLEINALM

Baumnummer: 7 (-)



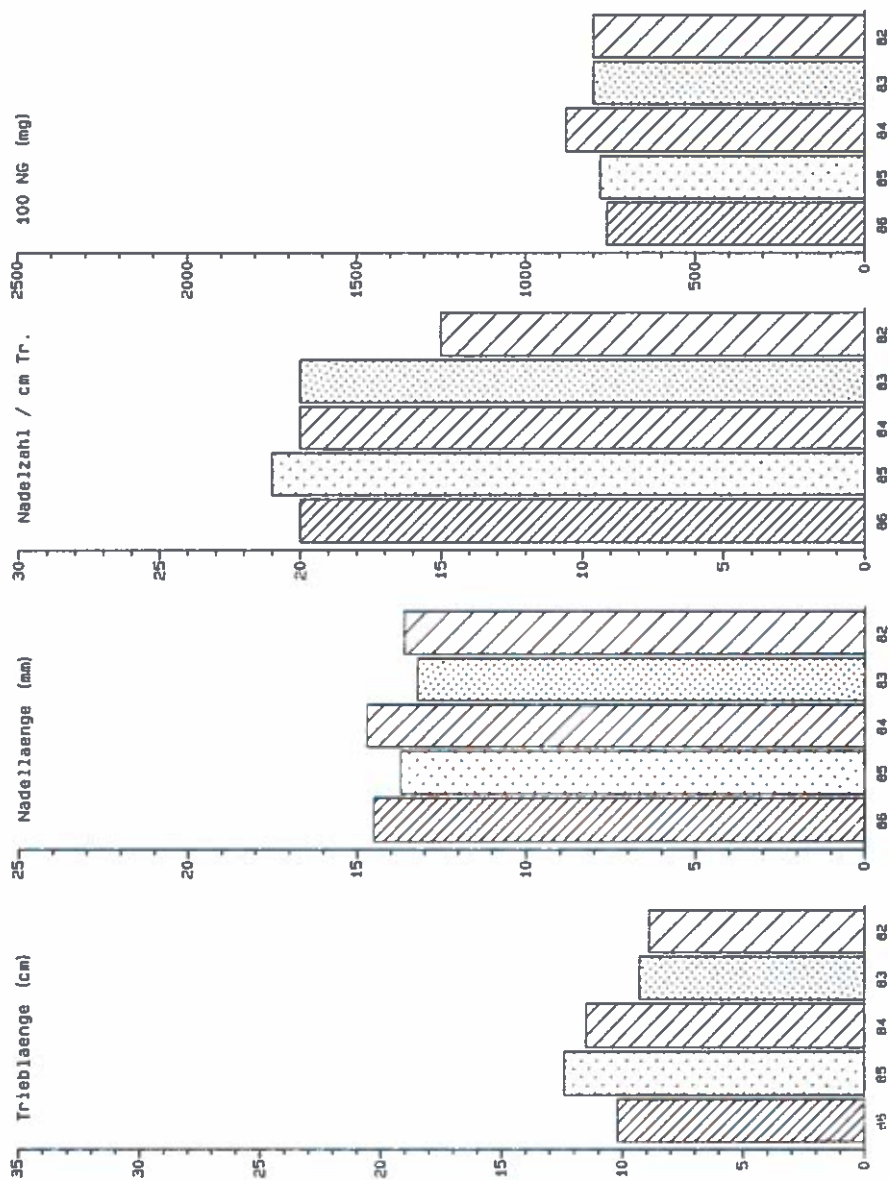
PROJEKT GLEINALM

Baumnummer: 8 (+)



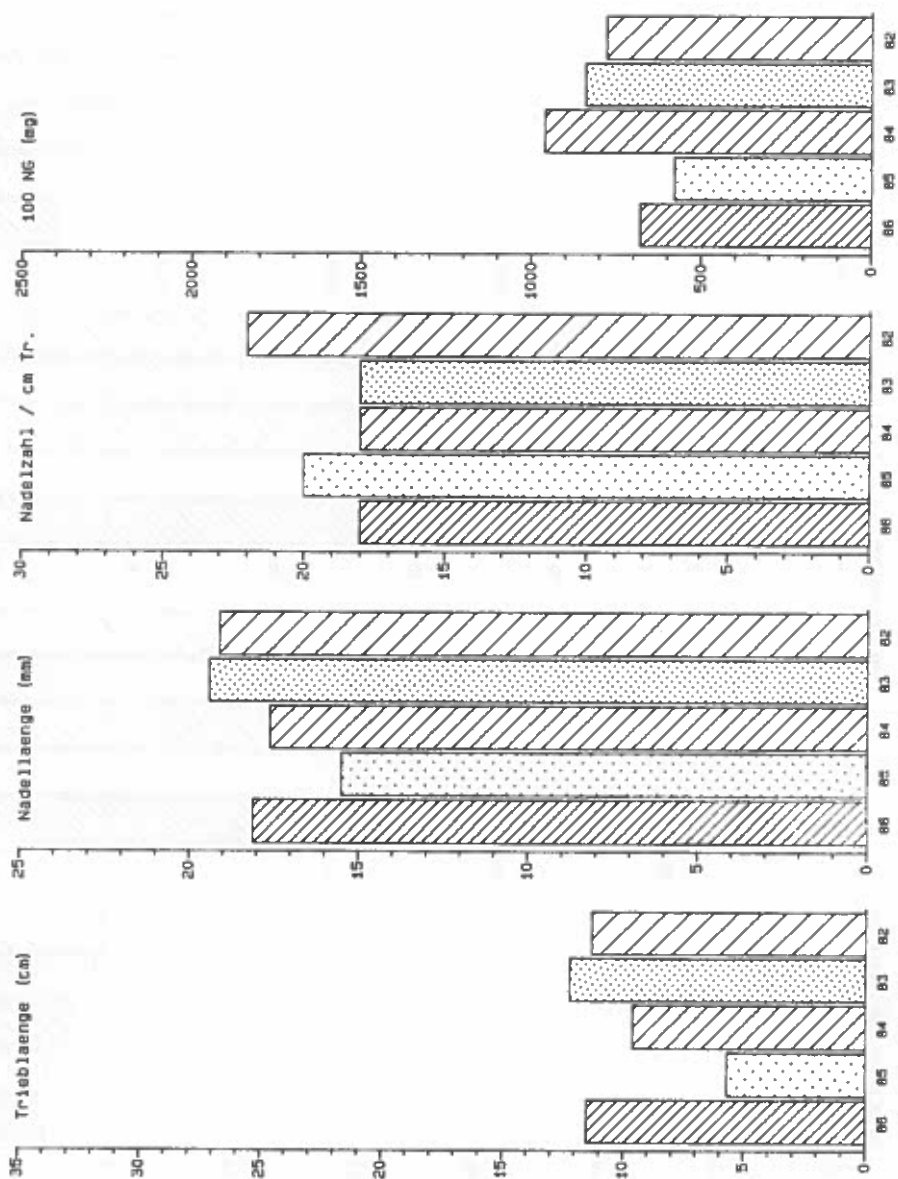
PROJEKT GLEINALM

Baumnummer: 9 (+-)



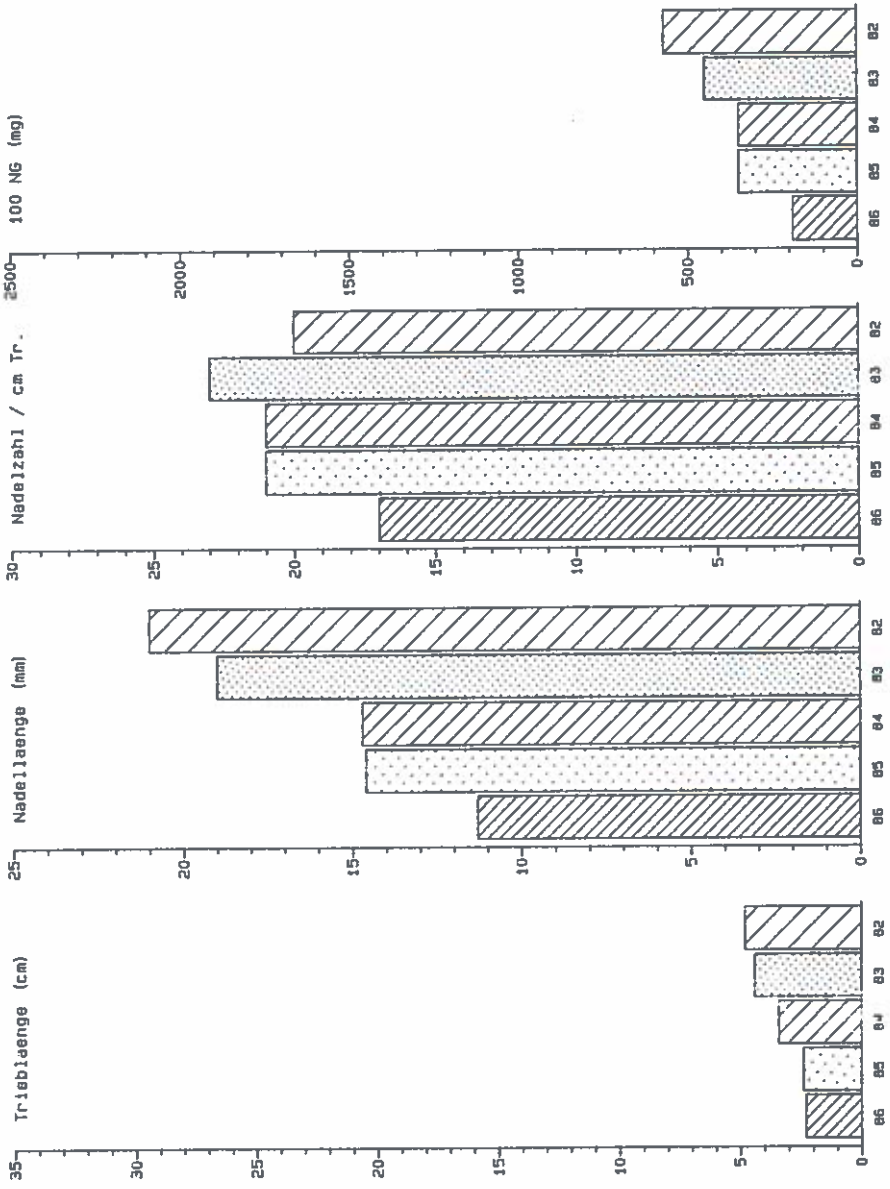
PROJEKT GLEINALM

Baumnummer: 10 (+)



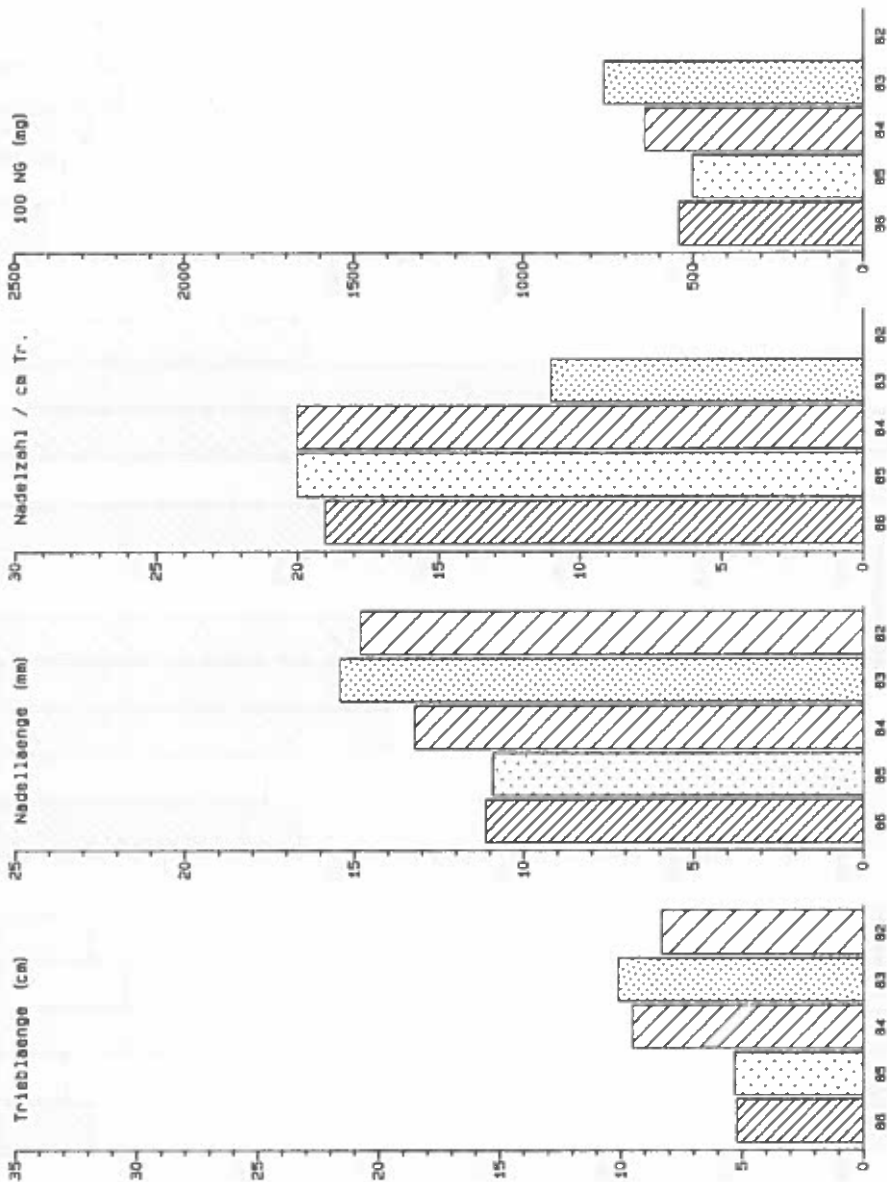
PROJEKT GLEINALM

Baumnummer: 11 (-)



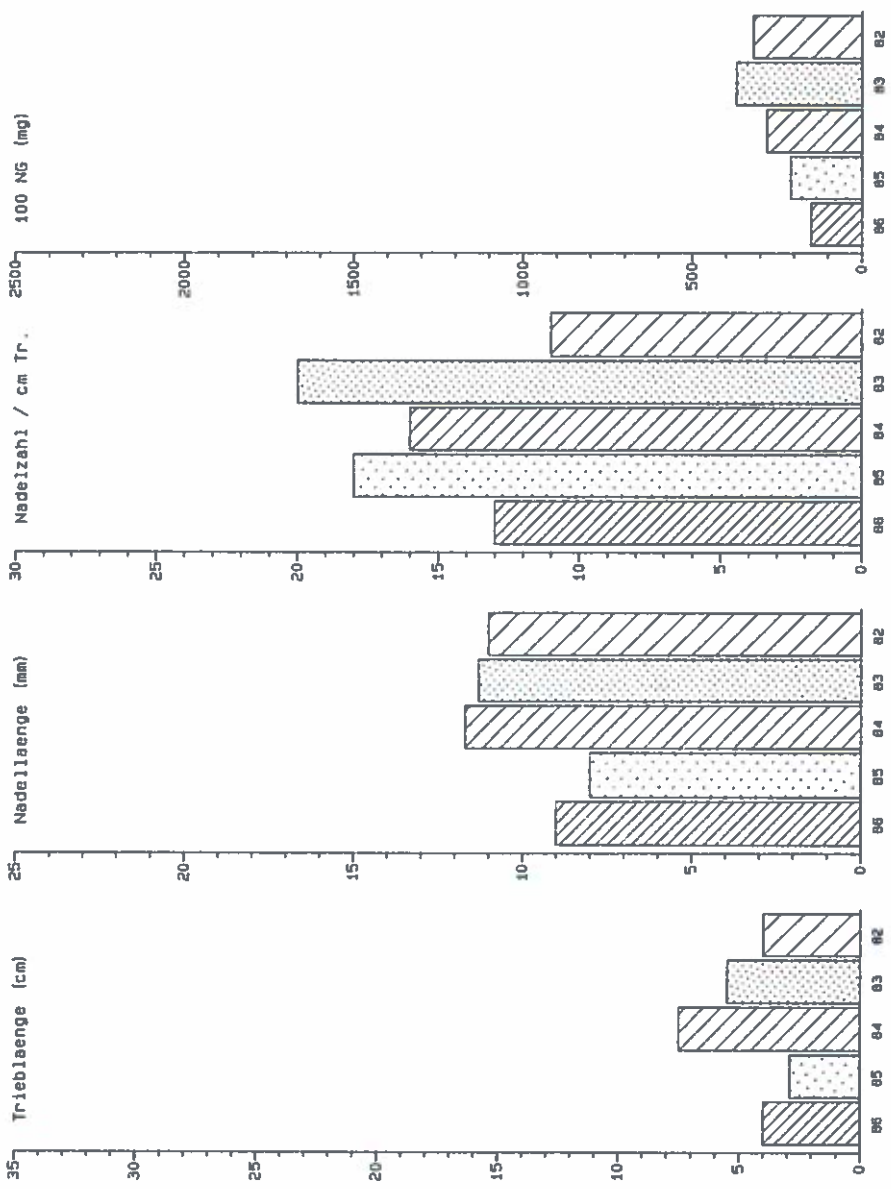
PROJEKT GLEINALM

Baumnummer: 12 (-)



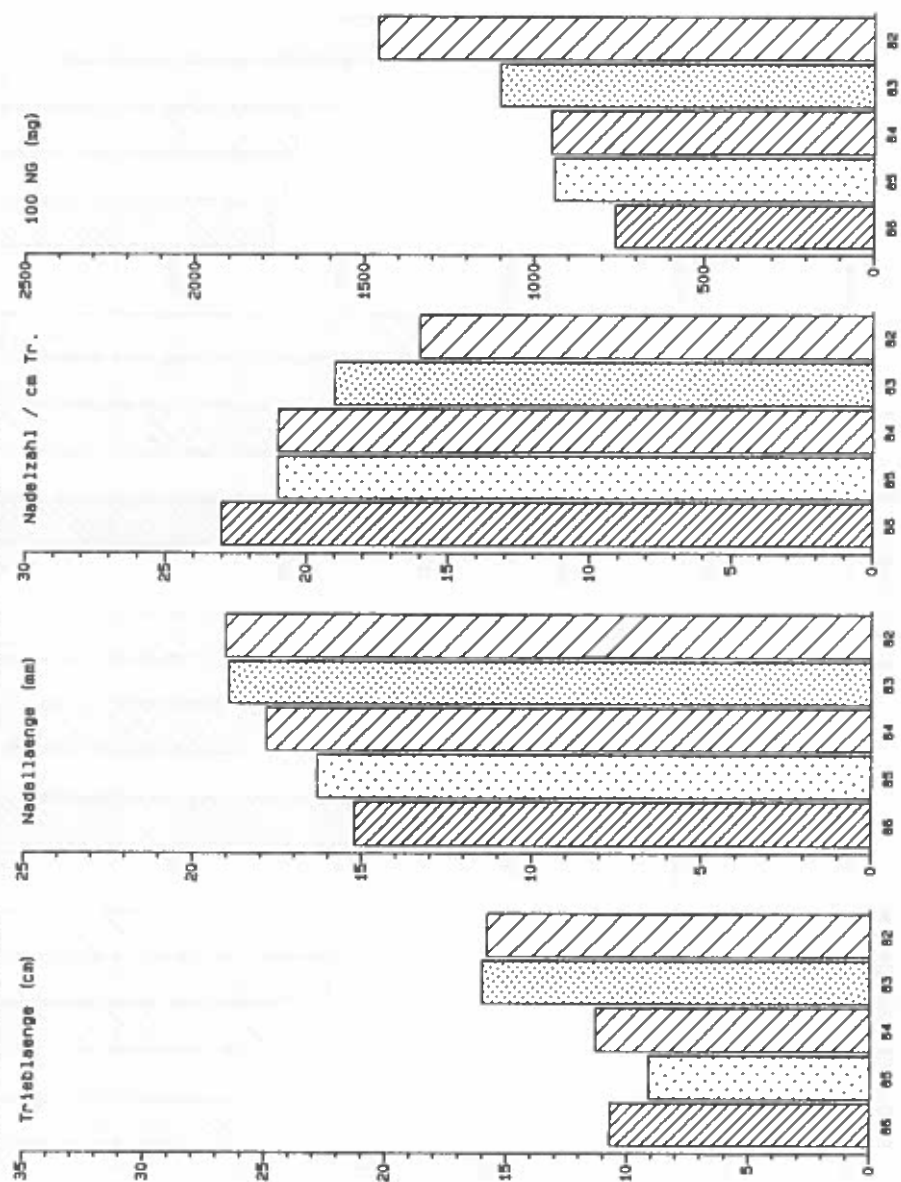
PROJEKT GLEINALM

Baumnummer: 13 (-)



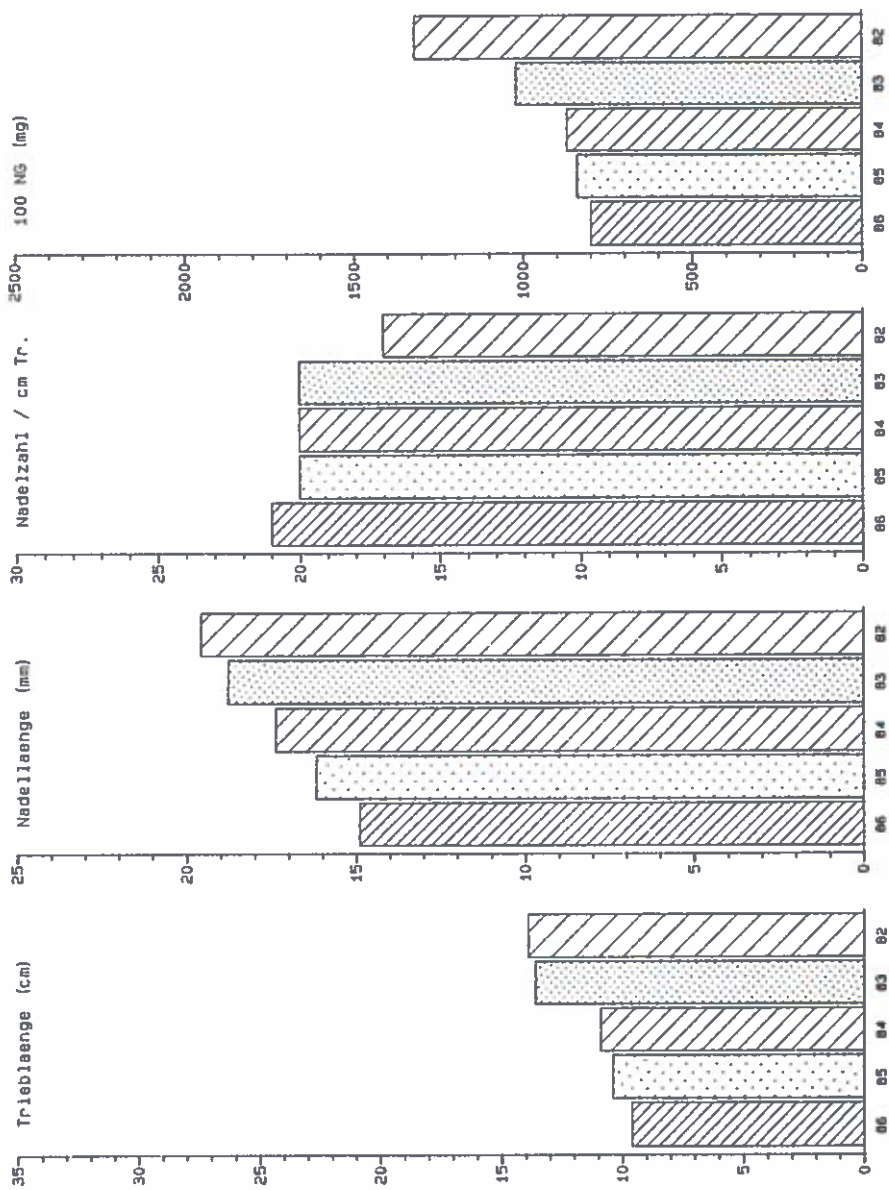
PROJEKT GLEINALM

Baumnummer: 14 (+)



PROJEKT GLEINALM

Baumnummer: 15 (+)



**Vergleichende Zuwachsuntersuchung bei vergilbten und
gesunden Fichten**

Günter Rössler

1 Ziele der zuwachskundlichen Untersuchungen

Die großflächig augetretenen Vergilbungs- und Kronenverlichtungserscheinungen an den Bäumen im Gleingraben waren der Anlaß, in diesem Gebiet umfangreiche Untersuchungen durchzuführen. Im Rahmen der zuwachskundlichen Untersuchungen sollte nachgewiesen werden, inwieweit sich der Zuwachsverlauf der vergilbten und verlichteten Bäume von den unvergilbten und voll benadelten Bäumen unterscheidet. Weiters sollte festgestellt werden, ob ein Zeitpunkt bestimmt werden kann, ab dem der Zuwachsverlauf der vergilbten und verlichteten Bäume vom Zuwachsverlauf der unvergilbten und unverlichteten Bäume abweicht.

Diese Untersuchungen wurden von Bediensteten des Institutes V der Forstlichen Bundesversuchsanstalt sowie von Mitarbeitern der Österreichischen Waldzustandsinventur unter der Leitung von ao.Univ.-Prof.Dr.J.Pollanschütz durchgeführt.

2 Lage der Probeflächen

Im Untersuchungsgebiet Gleinalm (Abbildung 1) wurden 7 Probeflächen ausgewählt, auf denen Analysenstämme gefällt worden sind. Die lokale Festlegung der Probeflächen erfolgte unter Berücksichtigung der parallel laufenden Untersuchungen (Forstpathologie, Bodenkunde, Vegetationskunde). Es wurden 3 Probeflächen südlich und 4 Probeflächen nördlich des Gleingrabens ausgewählt (Abbildung 2).

3 Aufnahmemethodik und Auswahl der Analysenstämme

Die Fällung der Analysenstämme erfolgte zum Teil Herbst 1985 (Probefläche 1, 2, 3, 4, 5) zum Teil im Herbst 1986 (Probefläche 6, 7). Es wurden auf den Probeflächen 1, 2, 4, 5, 6 und 7 je Probefläche 3 unvergilbte und voll benadelte Bäume sowie 3 vergilbte und verlichtete Bäume ausgewählt. Auf der Probefläche 3 wurden insgesamt 8 Stämme geworben, sodaß gesamt 44 Analysenstämme für die Zuwachskundliche Untersuchung verwendet werden konnten.

Bei der Auswahl der Analysenstämme mußten folgende Kriterien berücksichtigt werden:

- a) keine Randbäume
- b) nur herrschende oder vorherrschende Stämme
- c) die Analysenstämme durften nicht durch Entfernung eines Konkurrenten beeinflußt worden sein
- d) keine mechanischen Verletzungen
- e) keine einseitige Kronenform
- f) keine Ersatzwipfelbildung

Den gefällten Stämmen wurden Stammscheiben sowie das Wipfelstück zur Durchführung der Stammanalyse entnommen. Außerdem erfolgte eine genaue Vermessung des Stammes hinsichtlich Stärke, Kronenlänge, Kronenbreite und der jährlichen Höhenzuwächse. Im Bereich der gefällten Stämme wurde gleichzeitig eine Dauerbeobachtungsfläche eingerichtet, um jährlich wiederkehrende Kronenansprachen zu ermöglichen.

Um die Verteilung der Konkurrenten sowie den Konkurrenzdruck der Analysenstämme darzustellen, erfolgte eine genaue Einmessung und eine Ansprache der einzelnen Konkurrenten nach den Richtlinien der Österreichischen Waldzustandsinventur.

4 Standort - Bestandesdaten der Probeflächen

Probefläche 1

Seehöhe: 1450 m
Exposition: SO
Hangneigung: 60%
Geländeform: Mittelhang
Grundgestein: Silikat
Bodentyp: schwachpodsolige Braunerde
Wasserhaushalt: mäßig frisch
Vegetation: AHD

Baumart: 9 Fichten, 1 Kiefer
mittleres Alter: 97 Jahre
Oberhöhe: 26 m
Grundfläche: 32 m²

Probefläche 2

Seehöhe: 1400 m
Exposition: SW
Hangneigung: 70%
Geländeform: Mittelhang
Grundgestein: Silikat
Bodentyp: Braunerde
Wasserhaushalt: mäßig frisch
Vegetation: AHD

Baumart: 10 Fichten
mittleres Alter: 102 Jahre
Oberhöhe: 24 m
Grundfläche: 41 m²

Probefläche 3

Seehöhe: 1500 m
Exposition: SO

Hangneigung: 55%
Geländeform: Mittelhang
Grundgestein: Silikat
Bodentyp: Braunerde
Wasserhaushalt: mäßig frisch
Vegetation: AHD

Baumart: 10 Fichten
mittleres Alter: 100 Jahre
Oberhöhe: 21 m
Grundfläche: 37 m²

Probefläche 4

Seehöhe: 1320 m
Exposition: S
Hangneigung: 20%
Geländeform: Mittelhang
Grundgestein: Silikat
Bodentyp: Braunerde
Wasserhaushalt: frisch
Vegetation: AHD

Baumart: 10 Fichten
mittleres Alter: 82 Jahre
Oberhöhe: 30 m
Grundfläche: 52m²

Probefläche 5

Seehöhe: 1450 m
Exposition: S
Hangneigung: 60%
Geländeform: Mittelhang
Grundgestein: Silikat
Bodentyp: Braunerde
Wasserhaushalt: mäßig frisch
Vegetation: AHD (10% Deckung)

Baumart: 10 Fichten
mittleres Alter: 45 Jahre
Oberhöhe: 14 m
Grundfläche: 52 m²

Probefläche 6

Seehöhe: 1300 m
Exposition: W
Hangneigung: 70%
Geländeform: Mittelhang
Grundgestein: Silikat
Bodentyp: Braunerde
Wasserhaushalt: frisch
Vegetation: Vergrasung

Baumart: 9 Fichten, 1 Lärche
mittleres Alter: 91 Jahre
Oberhöhe: 25 m
Grundfläche: 43 m²

Probefläche 7

Seehöhe: 1300 m
Exposition: W
Hangneigung: 70%
Geländeform: Mittelhang
Grundgestein: Silikat
Bodentyp: Semipodsol
Wasserhaushalt: mäßig frisch
Vegetation: Nudum
Baumart: 10 Fichten
mittleres Alter: 46 Jahre
Oberhöhe: 17 m
Grundfläche: 45 m²

5 Ergebnisse der Zuwachskundlichen Untersuchungen

(Tabelle 1, Abbildungen 3 - 12)

a) Baumhöhe, Kronenlänge, Kronenbreite und Brusthöhendurchmesser (Abbildung 3)

Der Vergleich von vergilbten und verlichteten Bäumen zu unvergilbten und voll benadelten Bäumen ergab, daß bei den Probeflächen 1, 2, 3, 4, 5 und 7 die Gesamthöhe der vergilbten Bäume geringer war als bei den grünen und voll benadelten. Auf der Probefläche 6 hingegen war die mittlere Gesamthöhe der vergilbten Analysenbäume größer als die der unvergilbten Bäume. In der Kronenbreite konnten keine ausgeprägten Unterschiede ausgewiesen werden. Auch die Kronenlänge zeigte nur in 2 Fällen Unterschiede auf (Probefläche 4 und 7).

Der mittlere Brusthöhendurchmesser der vergilbten Bäume blieb in 6 Fällen (Probefläche 2, 3, 4, 5, 6, 7) hinter dem der unvergilbten und voll benadelten Bäume zurück.

b) Radialzuwachs in Brusthöhe (Abbildung 4-12)

Es hat sich gezeigt, daß die Jahrringbreiten der vergilbten und verlichteten Analysenstämme bei allen Probeflächen unter den Jahrringbreiten der unvergilbten und voll benadelten Bäume liegen. Bei den Probeflächen 1, 3, 5 und 6 beginnt die deutliche Radialzuwachsminderleistung der vergilbten und verlichteten Stämme etwa um das Jahr 1960 (Abbildung 4, 6, 8 und 9).

Bei der Probefläche 2 liegen die Radialzuwächse der vergilbten und verlichteten Bäume ständig unter denen der unvergilbten und unverlichteten Bäume (Abbildung 5). Bei den Analysestämmen der Probefläche 4 beginnt die Differenzierung der beiden Jahrringbreitenserien etwa ab 1942 (Abbildung 7) und bei den Stämmen der Probefläche 7 ab 1949 (Abbildung 10). Der Vergleich sämtlicher Analysenstämme (vergilbt und verlichtet zu unvergilbt und voll benadelt) hat ergeben, daß sich die Mittelwerte der Jahrringb-

reiten der vergilbten und verlichteten Analysenstämme der Probeflächen 1, 2, 3, 4 und 6 ab 1965 von den Mittelwerten der Bäume, die keine Vergilbung und Kronenverlichtung aufgewiesen haben, signifikant unterscheiden. Der Trend der grünen und voll benadelten Analysenstämme ist ab 1965 schwach steigend, der Trend der vergilbten und verlichteten Analysenstämme hingegen leicht fallend, sodaß die Unterschiede in den Jahrringbreiten stetig größer werden und der mittlere Jahrringindex im Jahre 1985 nur mehr bei 50% liegt (Abbildung 11). Die Jahrringbreitenentwicklung der jüngeren Bestände (Probefläche 5 und 7) zeigt im gemeinsamen Mittel bei den vergilbten und verlichteten Analysestämmen eine stetig fallende Tendenz. Bei den unvergilbten und unverlichteten Stämmen konnte ab 1975 ein Gleichbleiben der Jahrringbreiten nachgewiesen werden. Der Jahrringindex beträgt im Jahre 1985 wie bei den älteren Beständen ungefähr 50% (Abbildung 12).

6 Diskussion der Ergebnisse

Bei den zuwachskundlichen Untersuchungen im Gleingraben wurde der Zuwachsgang von gesunden Einzelbäumen als Vergleichsmaßstab für den Zuwachsverlauf von geschädigten Bäumen herangezogen. Da diese Vergleichsbäume je Probefläche in unmittelbarer Nähe der geschädigten Probestämme und nach genau festgelegten Kriterien (Kap. 3) ausgewählt worden sind, konnten das Wachstum beeinflussende Faktoren wie Standort, Klima und Bestandesbehandlung ausgeschaltet werden. Die Vergleichbarkeit der Analysenstämme war somit gegeben.

Die Methodik der Pärchenuntersuchung läßt sich aber nur sinnvoll anwenden, wenn die Analysenstämme vor Eintritt einer Schädigung einen annähernd gleichen Zuwachsverlauf aufweisen. Etwaige Zuwachsrückgänge der geschädigten Bäume werden durch diese Methodik sicher nicht überschätzt (vergl. RÖHLE 1986).

Die Untersuchungsergebnisse haben gezeigt, daß die äußerlich gesund und vital erscheinenden Probebäume einen gleichbleibenden

oder steigenden Zuwachstrend erkennen lassen. Die vergilbten und verlichteten Probeebäume zeigen jedoch in den letzten Jahren eine deutliche negative Abweichung von diesem Trend. Ähnliche Ergebnisse konnten von FRANZ (1983), RÖHLE (1986), ATHARI (1983), DONG, KRAMER (1987), KENK (1984) und SCHÖPFER (1986) bei Pärchenuntersuchungen in der Bundesrepublik Deutschland sowie von STERBA (1984) in Österreich nachgewiesen werden. Die Differenzierung der Wachstumsabläufe hat bei den vergilbten und verlichteten Bäumen schon vor 25 Jahren begonnen, also schon wesentlich früher als die äußeren Schadmerkmale (Kronenvergilbung und -verlichtung) erkennbar geworden sind. Da die Zuwachseleistung eines Baumes ein sicheres Zeichen für dessen Vitalität darstellt, kann festgestellt werden, daß sich die geschädigten Bäume schon längere Zeit in einem geschwächten Zustand befunden haben, bevor dieser äußerlich erkennbar wurde.

ATHARI (1983), KRAMER (1986) und FRANZ (1983) konnten in ihren Untersuchungen ebenfalls Zuwachsverluste bereits vor Eintritt der sichtbaren Schädigungen in den Kronen der Probeebäume feststellen.

Während der Zeitpunkt der Trendabweichung des Zuwachses der Probeebäume mit erkennbaren Schadsymptomen von den ungeschädigten Bäumen bei der Untersuchung im Gleingraben mit 1960 bestimmt worden ist, findet FRANZ (1983) Trendabweichungen um 1967, ATHARI (1983) schon um 1950 und STERBA (1984) geringfügige Abweichungen ebenfalls um 1950.

7 Zukünftige Untersuchungen

Die Ergebnisse der zuwachskundlichen Untersuchung haben aufgezeigt, daß im Raum der Gleinalm deutliche Zuwachsminderleistungen auftreten. Somit sollte diese vorliegende Untersuchung nur als Grundlage für weitere Erhebungen hinsichtlich Zuwachsdepression angesehen werden. Es wird noch zu untersuchen sein, in welchem Ausmaß sich die Zuwachsverluste der Bäume mit deutlichen Schadsymptomen in der Krone weiterhin entwickeln

werden. Aufgabe der Zuwachskundlichen Untersuchung wird es auch sein, vergleichende Untersuchungen in- und außerhalb der Düngungsflächen in vergleichbaren Beständen durchzuführen, um festzustellen, inwieweit die unterschiedlichen Düngungsvarianten Einfluß auf die Zuwachsleistung der einzelnen Bäume haben.

8 Zusammenfassung

Im Rahmen der Zuwachskundlichen Untersuchungen im Raum der Gleinalm wurden auf 7 Probeflächen insgesamt 44 Analysenstämme für Stammanalysen gefällt.

Die Auswertung der Analysen hat ergeben, daß zwischen den Analysenstämmen ohne Vergilbung und Kronenverlichtung und denen mit Vergilbung und Kronenverlichtung Unterschiede bestehen. Es treten sowohl Differenzen in der Baumhöhe, in der Kronenlänge und im Brusthöhendurchmesser auf. In der Kronenbreite waren keine ausgeprägten Unterschiede nachweisbar. Die mittlere Radialzuwachsentwicklung der vergilbten und verlichteten Analysenstämme zeigt, daß sie etwa ab 1960 hinter der mittleren Radialzuwachsentwicklung der unvergilbten und voll benadelten Analysenstämme zurückbleibt. Die Radialzuwachsleistung der vergilbten Bäume beträgt im Mittel im Jahre 1985 nur mehr die Hälfte der Zuwachsleistung der unvergilbten und voll benadelten Analysenstämme. Diese Aussage trifft sowohl für Analysenstämme aus älteren wie auch aus jüngeren Beständen zu.

9 Literatur

ATHARI, 1983: Zuwachsvergleich von Fichten mit unterschiedlich starken Schadsymptomen. AFZ Nr.38, S.653-655.

DONG, KRAMER, 1987: Zuwachsverluste in erkrankten Fichtenbeständen. AFJ-Ztg., 158.Jg., Nr.7/8, S.122-125.

FRANZ, 1983: Auswirkungen der Walderkrankungen auf Struktur und

Wuchsleistung von Fichtenbeständen. Forstwiss.-
Centralblatt Nr.102, S.186-200.

- KENK, 1984: Zum Problembereich Walderkrankung und Wachstumsforschung. Forst- u. Holzwirt, 39.Jg., Nr.18, S.435 ff.
- KRAMER, 1986: Beziehungen zwischen Kronenschadbild und Volumenzuwachs bei erkrankten Fichten. AFJ-Ztg., 157.Jg., Nr.2, S.22-27.
- RÖHLE, 1986: Walderkrankung und Zuwachsverhalten - dargestellt am Beispiel charakteristischer Fichtenschadbestände in ausgewählten bayerischen Untersuchungsgebieten. Tggsber. d. DVFFSE Schwangau 1986, S.11/1 ff.
- SCHÖPFER, 1986: Zuwachsrückgang in erkrankten Fichten- und Tannenbeständen - Auswertungsmethoden und Ergebnisse. Forstwiss.Centralblatt 105,6 S.446-470.
- STERBA, 1984: Pärchenuntersuchungen in Österreich, Tggsber.d. DVFFSE Neustadt 1984, S.8/1 ff.

Versuch Gleinalm (809)

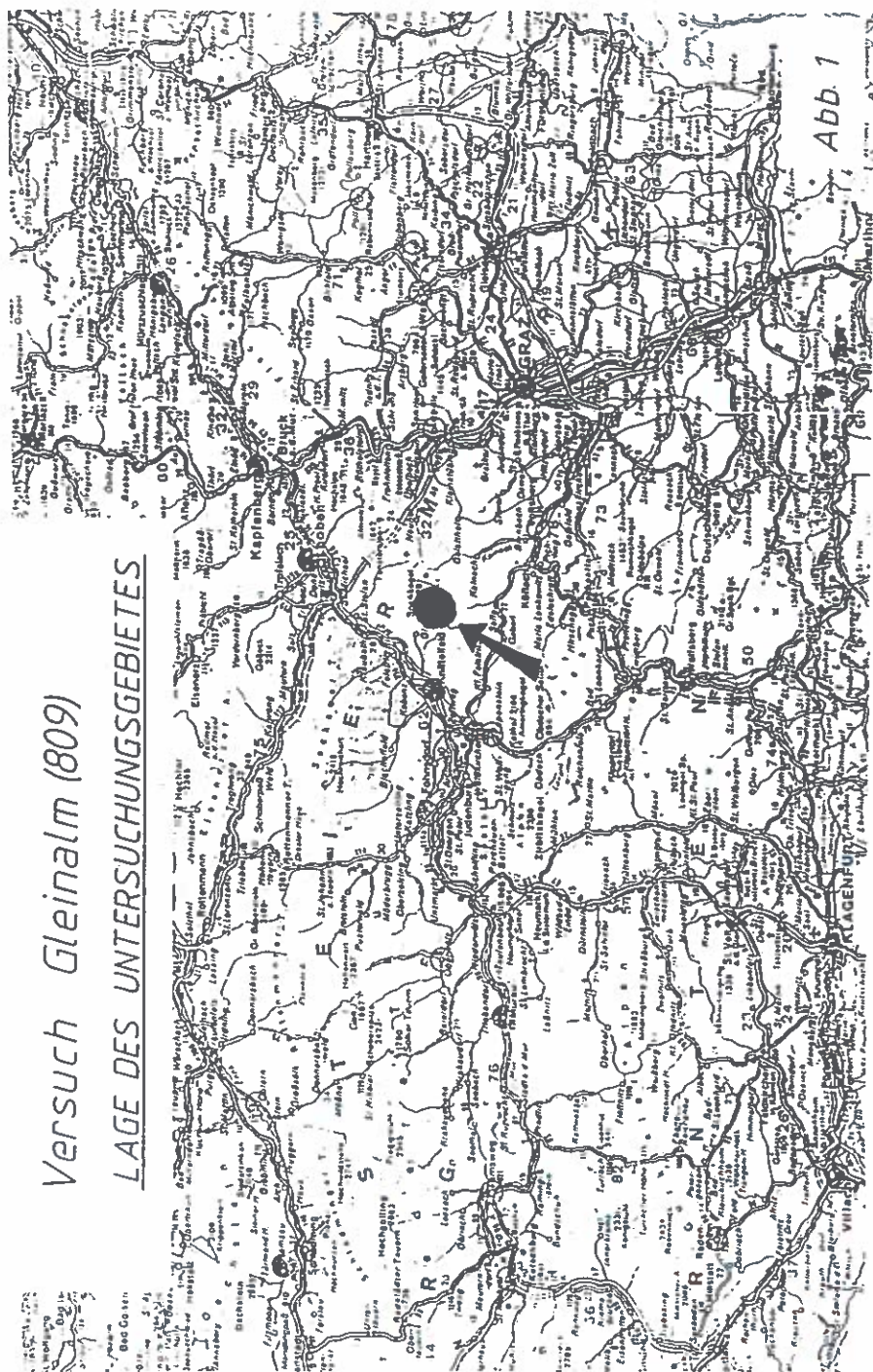
MITTLERE DATEN DER ANALYSENSTÄMME

Probe fläche	Baum art	mittleres Alter	mittlere Baumhöhe (cm)	mittlerer BHD (mm)	mittl. H/D	mittlere Kronenlänge (cm)	mittlere Kronenbreite (cm)
1	Fi	97	2494	334	75	1359	430
2	Fi	102	2434	333	73	1248	430
3	Fi	100	2121	321	66	1146	390
4	Fi	82	3066	371	83	1129	440
5	Fi	45	1396	176	79	449	230
6	Fi	91	2495	327	76	990	500
7	Fi	46	1701	188	90	662	330

Tab.1

Versuch Gleinalm (809)

LAGE DES UNTERSUCHUNGSGEBIETES



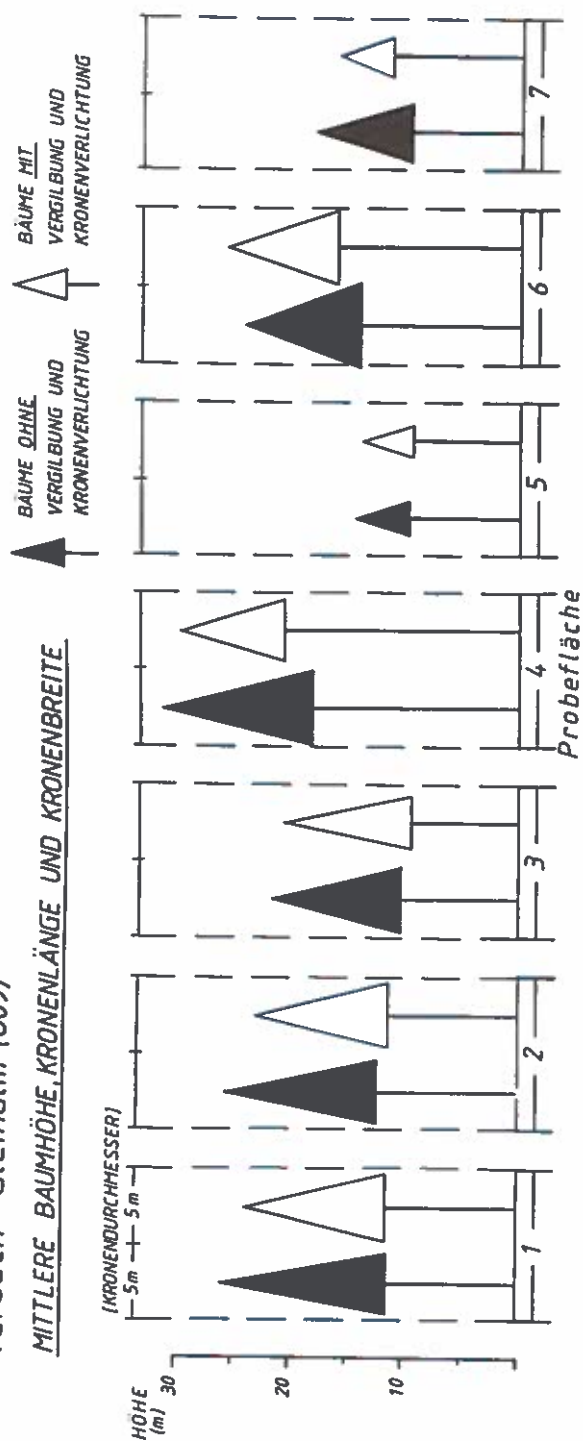
Versuch Gleinalm (809)
LAGE DER PROBEFLÄCHEN

● - PROBEFLÄCHE MIT ANALYSESTÄHMEN



Versuch Gleinalm (809)

MITTLERE BAUMHÖHE, KRONENLÄNGE UND KRONENBREITE



MITTLERER BRUSTHÖHENDURCHMESSER

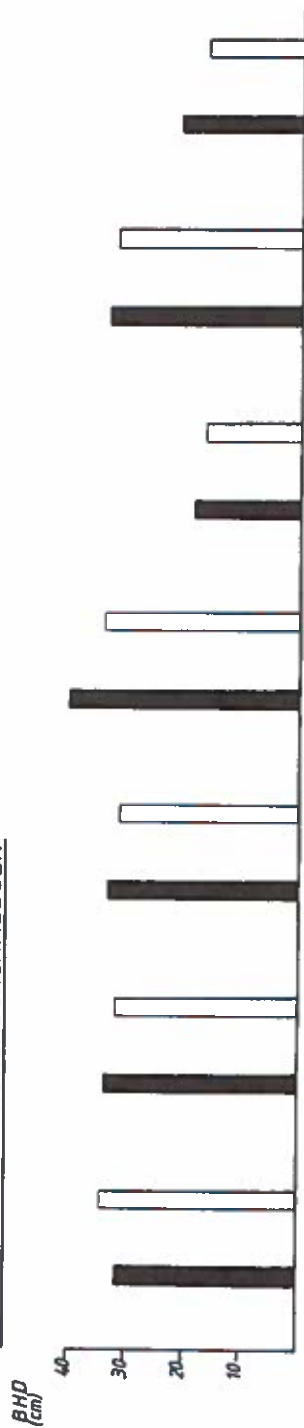


Abb. 3

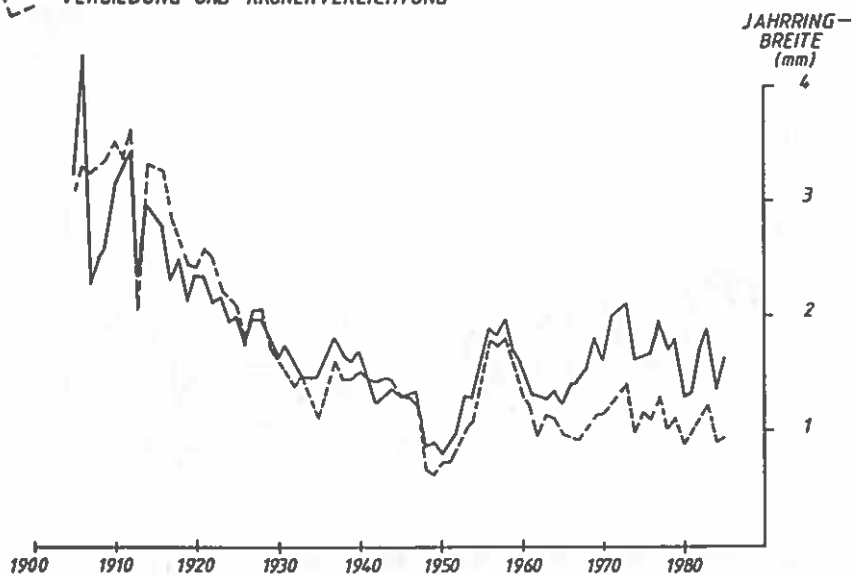
Versuch Gleinalm (809)

MITTLERE JAHRRINGBREITE IN BRUSTHÖHE

Probefläche 1

— KEINE VERGILBUNG UND KRONENVERLICHTUNG

- - - VERGILBUNG UND KRONENVERLICHTUNG



MITTLERER JAHRRINGINDEX

(VERGLEICHSBASIS: BÄUME OHNE VERGILBUNG
UND KRONENVERLICHTUNG)

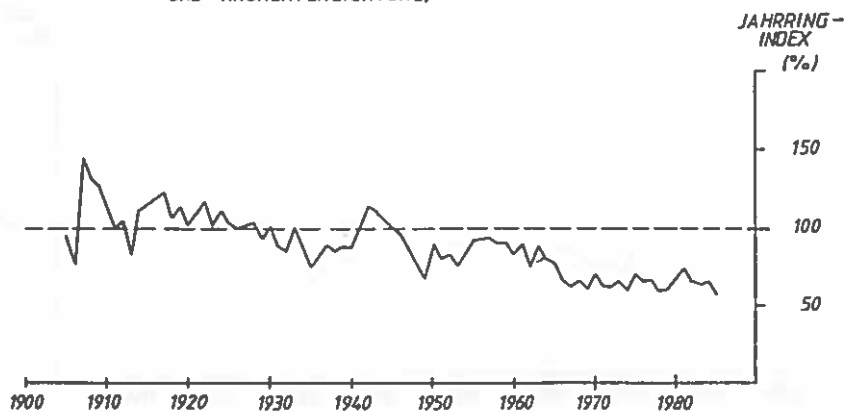


Abb. 4

Versuch Gleinalm (809)

MITTLERE JAHRRINGBREITE IN BRUSTHÖHE Probefläche 2

— KEINE VERGILBUNG UND KRONENVERLICHTUNG

- - - VERGILBUNG UND KRONENVERLICHTUNG



MITTLERER JAHRRINGINDEX

(VERGLEICHSBASIS: BÄUME OHNE VERGILBUNG
UND KRONENVERLICHTUNG)

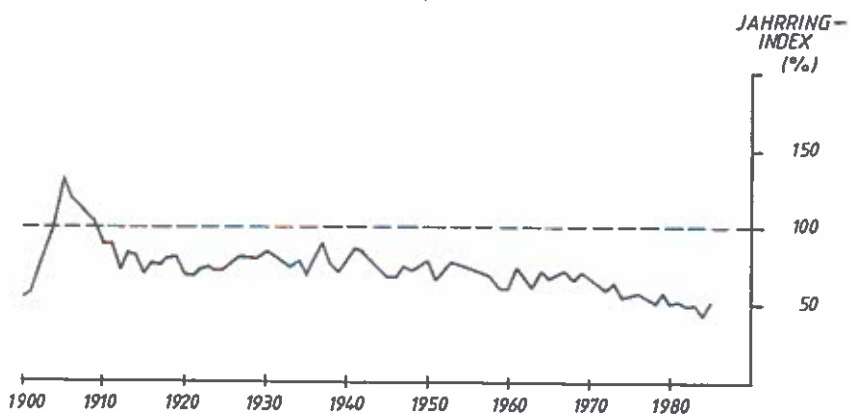


Abb. 5

Versuch Gleinalm (809)

MITTLERE JAHRRINGBREITE IN BRUSTHÖHE

Probefläche 3

— KEINE VERGILBUNG UND KRONENVERLICHTUNG

- - - VERGILBUNG UND KRONENVERLICHTUNG



MITTLERER JAHRRINGINDEX

(VERGLEICHSBASIS: BÄUME OHNE VERGILBUNG
UND KRONENVERLICHTUNG)

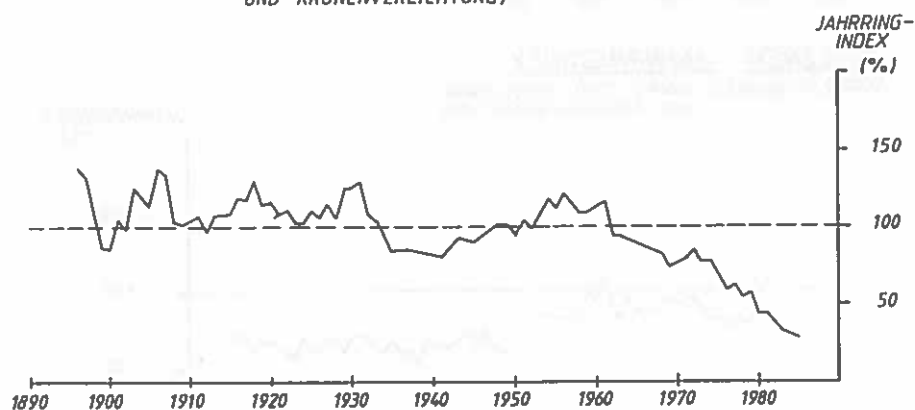


Abb. 6

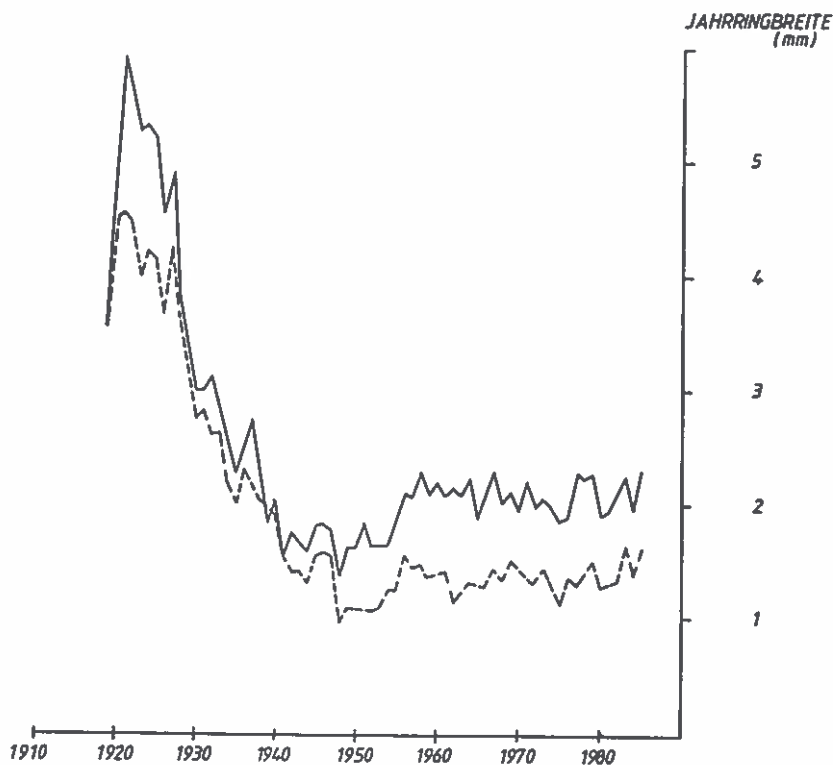
Versuch Gleinalm (809)

MITTLERE JAHRRINGBREITE IN BRUSTHÖHE

Probefläche 4

— — — KEINE VERGILBUNG UND KRONENVERLICHTUNG

- - - VERGILBUNG UND KRONENVERLICHTUNG



MITTLERER JAHRRINGINDEX

(VERGLEICHSBASIS: BÄUME OHNE VERGILBUNG UND KRONENVERLICHTUNG)

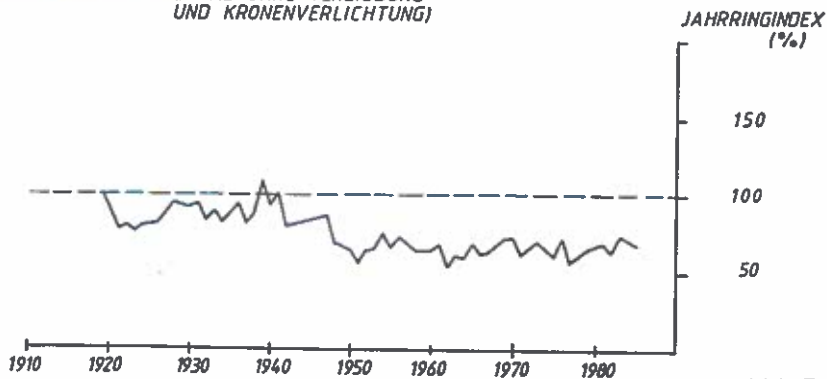
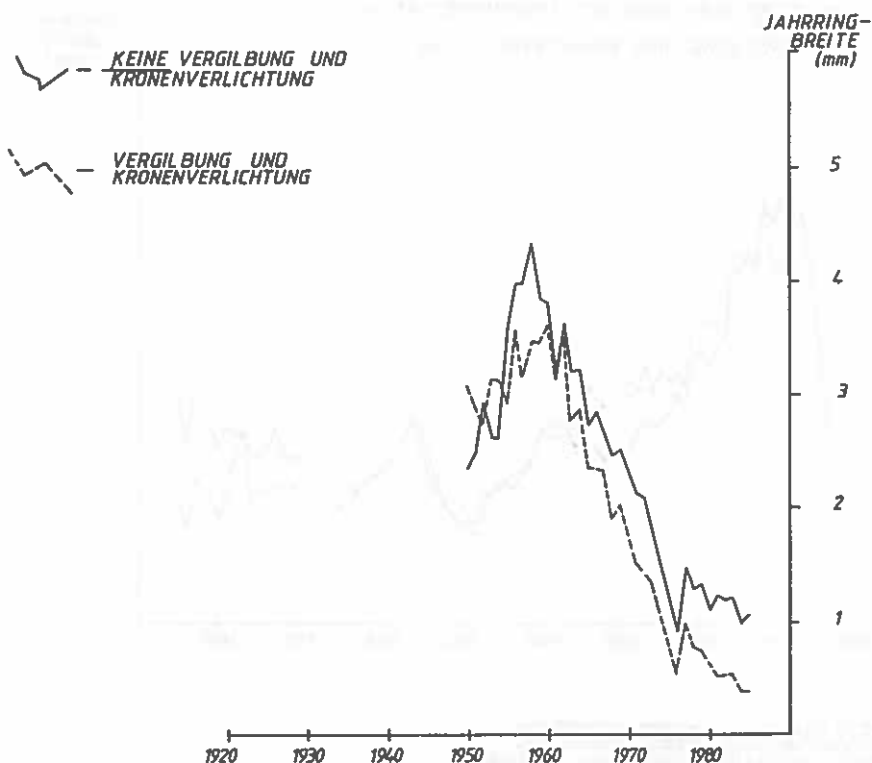


Abb. 7

Versuch Gleinalm (809)

MITTLERE JAHRRINGBREITE IN BRUSTHÖHE Probefläche 5



MITTLERER JAHRRINGINDEX (VERGLEICHSBASIS: BÄUME OHNE VERGILBUNG UND KRONENVERLICHTUNG)

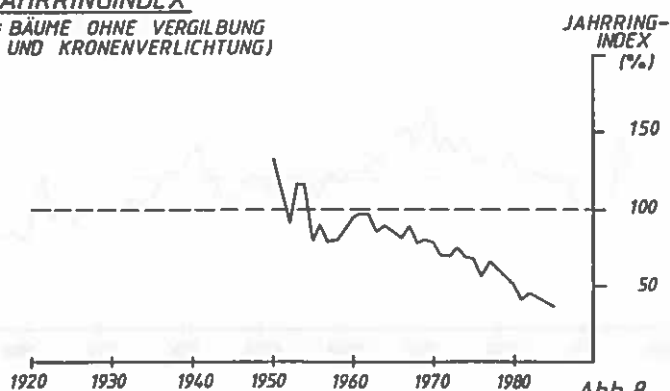


Abb. 8

Versuch Gleinalm (809)

MITTLERE JAHRRINGBREITE IN BRUSTHÖHE

Probefläche 6



MITTLERER JAHRRINGINDEX

(VERGLEICHSBASIS: BÄUME OHNE VERGILBUNG
UND KRONENVERLICHTUNG)

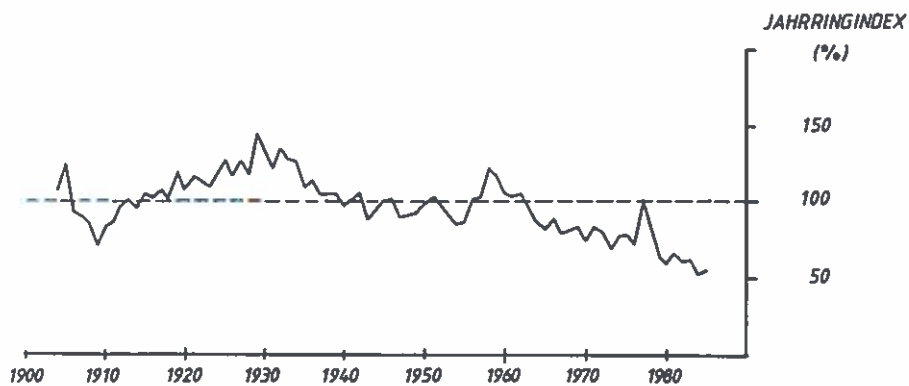


Abb. 9

SCHWERMETALLGEHALTE IN DEN BÖDEN DER GLEINALM

Michael Englisch

1 Abstract

Die Schwermetallgehalte in den Mineralböden und Humusauflagen im Bereich der Gleinalm liegen, von wenigen Ausnahmen abgesehen, zwar innerhalb, aber im unteren Spektrum der in der verwendeten Literatur angegebenen Grenz- bzw. Vergleichswerte.

Abgesehen vom Element Blei lassen die erhobenen Schwermetallwerte nicht auf Eintrag von außen schließen.

2 Vorgangsweise und Problemstellung

Probenwerbung und chemische Verfahrensweisen wurden bereits im Kapitel von MAJER, KILIAN und MUTSCH (1989) ausführlich abgehandelt und dort die Analysendaten im einzelnen wiedergegeben.

Im Zusammenhang mit der Fragestellung des Gesamtprojekts "Gleinalm" ergab sich auch die Frage, ob die dort beobachteten ("neuartigen") Waldschäden auch durch Eintrag von Schwermetallen (möglicherweise auch in toxischen Größenordnungen) entstanden sein könnten, bzw. ob die Schwermetallgehalte auf Immissionen generell hinweisen.

Weiters wurde untersucht, ob sich Zusammenhänge zwischen Bodentyp, Gesteinsart, Vegetationstyp und Schwermetallgehalten herstellen lassen.

3 Ergebnisse

a) Zink

Keiner der gefundenen Werte überschreitet die obere Grenze der "Normalgehalte in Böden" nach SCHEFFER-SCHACHTSCHABEL (1984), nämlich 100-300 ppm. Vielmehr liegt ihr Mittelwert mit 30-35 ppm für die einzelnen Tiefenstufen unter den von FIEDLER (1988)

angeführten Werten für zahlreiche Böden, selbst unter denen verschiedener canadischer Sandböden. Zumindest die tiefsten Einzelwerte (wie sie z.B. mit 13-20 ppm (in den Tiefenstufen von 0-50 cm) auf Punkt 5, mit 13-16 ppm auf Punkt 24, 9-15 ppm auf Punkt 30 und 10-16 ppm auf Punkt 47 auftreten) könnten auf mangelhafte Ausstattung schließen lassen. Die Werte in der Auflage liegen mit durchschnittlich etwa 50 ppm etwas höher als im Mineralboden. Dies entspricht nach eigener Erfahrung und Literaturangaben (RAISCH 1983, FIEDLER 1988) durchaus der Regel und ist biologisch (Wurzelaufnahme des Zn in tieferen Bodenschichten) bzw. chemisch (Humusbildung, Mobilisierung des Zn bei niedrigeren pH-Werten) bedingt. Auch diese 50 ppm liegen aber weit unter dem Durchschnitt vergleichbaren Datenmaterials (O-Horizonte unter Fichte enthalten meist 70-120 ppm Zn). Da Zn-Gehalte in Pflanzen und bei Mineralboden positiv korreliert sind, ist der Verdacht von Zinkmangel naheliegend. Für Zinkeintrag ließen sich keine Hinweise finden. Aufgrund der niedrigen pH - Werte (zwischen 3.0 und 4.5) wird erhöhte Mobilität (möglicherweise auch Auswaschung) des Zink vermutet, Hinweise dafür wurden jedoch nicht gefunden, namentlich ergab sich zwischen pH- Wert und Zinkgehalten keine Übereinstimmung. Der Mineralboden weist eine leichte Zunahme der Werte mit zunehmender Tiefe auf.

Bei dieser vergleichsweise geringen Ausstattung der Böden könnte durchaus ein durch physiologische Vorgänge (Leaching etc.) verstärkter Zn-Mangel eingetreten sein, wie dieser in zahlreichen Gebieten "neuartiger" Waldschäden nachgewiesen wurde (ZÖTTL und REHFUESS cit. in FIEDLER, 1988). Entsprechende Nadelanalysen auf Zn könnten hier in Zukunft Aufschluß geben.

b) Chrom

Auch die Werte für Chrom liegen im unteren Bereich der von SCHEFFER-SCHACHTSCHABEL (1984) und MAYER (1981) angegebenen Werte (5-100 ppm bzw. 50-100 ppm).

Der Chromgehalt im Boden liegt -je nach Tiefenstufe- zwischen 17 und 22 ppm und steigt mit zunehmender Tiefe leicht an. Die Werte für den Auflagehumus liegen zwischen 7 und 10 ppm.

c) Nickel

Die Nickelgehalte sind ebenfalls im unteren Spektrum der von SCHEFFER-SCHACHTSCHABEL angegebenen Werte angesiedelt. Mit zunehmender Bodentiefe läßt sich ein leichter, linearer Anstieg der Werte von 8 auf 11 ppm feststellen.

Toxische Mengen, wie auf diversen Serpentinegesteinen möglich, werden bei weitem nicht erreicht. Eher besteht hier wiederum für einige Meßpunkte (5, 8, 29, 34, 47) Mangelverdacht!

d) Blei

Die von SCHEFFER-SCHACHTSCHABEL angegebenen Werte für unbelastete Böden liegen zwischen 2 und 60 ppm; in Humusaufgaben liegen sie im allgemeinen etwas höher. Für Metamorphite gibt HEINRICHS (1975) Bleigehalte von 14 ppm an, für intermediäre Gesteine 7,6 ppm. KLOKE (1980) gibt 100 ppm als tolerierbaren Grenzwert für Blei in Böden an. Dieser Wert wird im Bereich der Gleinalm nur von den Aulagen einzelner Punkte erreicht beziehungsweise überschritten. Für Kulturböden gibt derselbe Autor Gesamtgehalte von 0,1- 20 ppm Pb im lufttrockenen Boden an, ein Wert, der nur bedingt auf Waldböden mit weitgehend ungestörter Bodenentwicklung zu bezogen werden kann. Trotzdem wäre ein Einhalten oben genannten Grenzwertes wünschenswert, da Blei auch vom Wald aus in die Nahrungskette gelangen kann (KLOKE, 1981).

Nach MAYER (1981) ist die auch im Gebiet der Gleinalm zu beobachtende Abnahme der Bleiwerte mit zunehmender Tiefe mit der Bindung von Blei an die organische Substanz zu erklären.

Bei den Meßpunkten der Gleinalm liegen die Bleigehalte in den Of- und Oh-Horizonten durchschnittlich bei 55 bis 60 ppm, in den Mineralbodenhorizonten ist eine kontinuierliche Abnahme von 30 auf 15 ppm mit zunehmender Tiefe festzustellen.

Die im Bereich der Gleinalm gemessenen Werte liegen zum Teil deutlich niedriger (um 20 - 100 ppm) als die im Höhenprofil Zillertal festgestellten. Darüber hinaus ist Blei im Zillertal teilweise substratbürtig, sodaß die Verteilungsmuster nur bedingt vergleichbar sind (GLATTES et al., 1984).

Die gegenüber dem Mineralboden in der Auflage, doppelt so hohen Bleiwerte sind einerseits durch den hohen Anteil organischer Substanz, andererseits durch passive Sorptionsprozesse der Nadeln nach Bruch der Kutikula und Akkumulation durch in der Auflage lebende Pilze zu erklären (RÜHLING-TYLER zitiert in NILSSON, 1982). Die (relativ) niederen pH-Werte der Böden der Gleinalm lassen auf erhöhte Löslichkeit und Mobilität des Blei schließen (KEILEN, 1978), wobei jedoch zu berücksichtigen ist, daß, wie oben bereits erwähnt, die in der Gleinalm auftretenden Substrate von vornherein eher bleiarm sind.

Um Zusammenhänge zwischen den Bleikonzentrationen in den obersten Auflageschichten und diese möglicherweise beeinflussende Parameter wie Seehöhe, pH-Wert, Exposition und Kohlenstoffgehalt errechnen zu können, wurde das Untersuchungsgebiet planimetriert und 4 Höhenstufen, nämlich 1000–1150 m, 1150–1300 m, 1300–1450 m, und 1450–1620 m ausgeschieden. Proportional zum Flächenanteil der Höhenstufen wurde die Zahl der Punkte ausgewählt. Da die unterste und die oberste Höhenstufe unterproportional vertreten waren, wurden 9 Punkte der mittleren Höhenstufen eliminiert (Kriterien: Nähe zu anderen Punkten, Nichtzugehörigkeit zu Höhenprofilen), sodaß letztlich 27 Punkte zur Untersuchung verblieben. Daraus wurden Regressionen mit sämtlichen Kombinationen der Parameter Blei, pH, C, und Höhe gerechnet; davon erreichte nur die Kombination Blei mit Seehöhe einen Korrelationskoeffizienten über 0.25, nämlich $r = 0,511$. Eine positive/negative Beeinflussung durch Kohlenstoff oder pH-Wert liegt nicht vor (der Korrelationskoeffizient änderte sich bei partieller Korrelation um +0,007 bei Einbeziehung von C und um +0,003 bei Einbeziehung des pH-Wertes).

Korrelationsgleichung: $y = 6,97x - 899,45$

Diese 27 Punkte wurden weiters in 2 Klassen unterteilt:

- a) 14 Punkte mit Exposition N oder NW
- b) 13 Punkte mit Exposition W, SW, S, SE, E, NE

Für die Gruppe a ergab sich mit 17 ppm ein signifikant höherer Bleigehalt für den obersten Auflagehorizont als für die Gruppe b mit 58 ppm ($t=2,067^*$ für $n=25$, 99%).

Bei der anschließenden Regression ergaben sich für die beiden Gruppen verschiedene Regressionsgleichungen mit unterschiedlichen Korrelationskoeffizienten und Absolutgliedern:

Für

$$a) y=7,39x-852,4 \quad r=0,6654$$

$$b) y=6,56x-946,5 \quad r=0,5138$$

Vor allem für Gruppe a) ergibt sich somit ein relativ straffer Zusammenhang zwischen Seehöhe und Bleigehalt (größere Seehöhe = Höherer Bleigehalt). Somit läßt sich ein Zusammenhang der Bleikonzentration mit der Höhe, bzw. mit der Exposition feststellen. Daß gerade diese Parameter beeinflussend wirken, läßt auf mögliche Immissionen schliessen. Dies umso mehr als mit zunehmender Seehöhe keine wesentlichen Veränderungen der organischen Substanz -zumindest der Quantität nach- festgestellt werden konnten.

Einflüsse des Bestandesalters auf den Bleigehalt konnten auf Grund des homogenen Bestandaufbaues nicht untersucht werden.

e) Kupfer

SCHEFFER-SCHACHTSCHABEL (1984) gibt als Normalgehalt in Böden 4-100 ppm an; nach MAYER (1981) wurden in sauren Braunerden des Solling zwischen 15 und 40 ppm Kupfer gefunden, in einer Braunerde (Weidfeld, nach KEILEN, 1978) zwischen 10 und 20 ppm; in einem Podsol der Bärhalde (KEILEN, 1978) 15-42 ppm. Der Kupfergehalt in Schieferen, ein dem Substrat der Gleinalm entsprechenden Muttergestein, wird von SCHEFFER-SCHACHTSCHABEL mit ca. 45 ppm angegeben. Nach den Erfahrungen der Forstlichen Bundesversuchsanstalt liegen die Cu- Gehalte in Böden im allgemeinen zwischen 20 und 80 ppm.

Die im Untersuchungsgebiet festgestellten Werte liegen mit etwa 20 ppm im unteren Bereich der oben zitierten Ziffern. In den Tiefenstufen von 0-50 cm läßt sich keine Zu- oder Abnahme der Werte feststellen. Die Kupfergehalte der Auflagehorizonte sind mit etwa 15 ppm geringfügig niedriger als die im Boden. Da Kupfer bei niedrigen pH-Werten, wie sie auch im Untersuchungsgebiet auftreten, hoch mobil wird, ist sowohl Auswaschung als auch erhöhte pflanzliche Aufnahme zu erwarten (RAISCH, 1983; S.92).

f) Cobalt

"Cobaltarme Böden" laut SCHEFFER-SCHACHTSCHABEL enthalten 1-5 ppm dieses Schwermetalles. MAYER gibt für saure Braunerden des Sollings 7-20 ppm an, SCHLICHTING für die Podsole 1-2 ppm. Das Tiefenprofil für die Böden der Gleinalm zeigt geringe Cobaltgehalte von 3-4 ppm in der Auflage und eine geringe, stetige Zunahme mit der Tiefe auf 8 ppm im Mineralboden.

Tabelle 1: Umrechnung auf flächenbezogene Mengen an Schwermetallen

Schwermetall	Vorrat im Mineralboden (kg/ha, Tiefe 0-50 cm)	Vorrat in der Auflage (kg/ha)
Kupfer	99.0	0.60
Cobalt	32.5	0.15
Zink	180.0	2.00
Chrom	103.0	0.40
Nickel	54.0	0.25
Blei	125.0	2.40

Tabelle 2:

Punkte mit den höchsten/ niedrigsten Schwermetallgehalten
 Markiert (!) sind die Punkte, die bezüglich 3 oder mehr Elementen Maxima bzw. Minima aufweisen

Maxima

Cu	19	28!	115	206
Ni 9!	27	28!	36!	
Co 9!				
Zn 9! 10		28!	36!	201
Cr 9!	27		36!	
Pb	20	28!	29	30
				3

Minima

Cu		30!	34	
Ni 5!	8	29	34	47!
Co 5! 7	18		31	36 44 46 47!
Zn		24	30!	47!
Cr 5! 7			30!	
Pb	21			

4 Diskussion

Wie im Abschnitt "Geologie" erwähnt, sind die im Bereich der Gleinalm auftretenden Gesteine Augengneis, Glimmerschiefer und verschiedenen Spielarten von Amphibolit. Diese lassen lt. HEINRICHS (1975) und MAYER (1981) relativ geringe Schwermetallgehalte erwarten. Dies wurde durch das vorliegende Datenmaterial bestätigt.

Selbst die Maximalwerte für die einzelnen Schwermetalle liegen nur geringfügig über den in der Literatur angegebenen Grenzwerten, die jedoch nur bedingt vergleichbar sind (Solling).

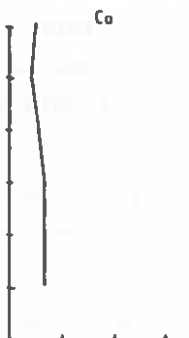
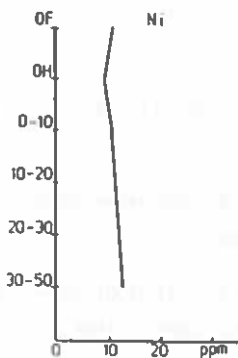
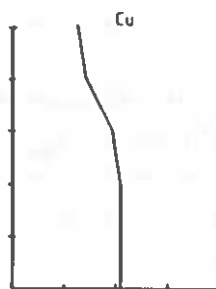
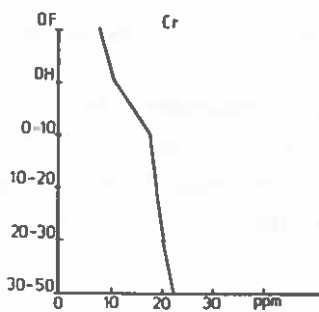
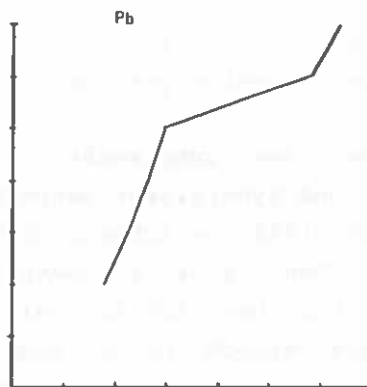
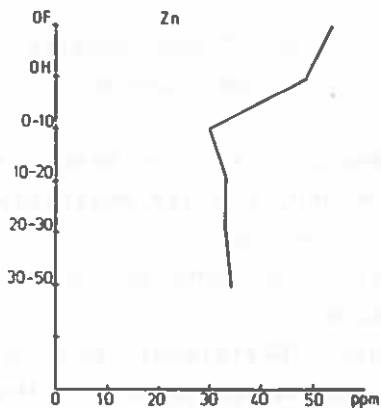
Tabelle 3: Maximalwerte für Schwermetalle (Tiefenstufe 30-50 cm)

Pkt. 9:	Ni: 38 ppm (30-50)	Pkt. 28:	Cu: 225 ppm (30-50)
	Co: 21 ppm (")		Ni: 25 ppm (")
	Zn: 85 ppm (")		Zn: 68 ppm (")
	Cr: 41 ppm (")		Pb: 94 ppm (")
Pkt. 36:	Ni: 32 ppm (30-50)		
	Zn: 75 ppm (")		
	Cr: 52 ppm (")		

Wie aus Tabelle 2 ersichtlich, ergeben sich für die Punkte 9, 28 und 36 jeweils für mehrere Schwermetalle die Maximalwerte für das Untersuchungsgebiet. Jeder dieser Punkte zeigt für Zink und Nickel Höchstwerte. Sowohl die Punkte, die Minimal- als auch die Punkte mit Maximalwerten bezüglich der oben angeführten Schwermetalle aufweisen, zeigen gewisse Ähnlichkeiten bezüglich Bodenentwicklung, Substrat und Nährstoffversorgung. So liegen die Punkte 9, 28 und 36 auf Amphibolit bzw. kalkhaltigem Ausgangsmaterial, weisen bessere Nährstoffversorgung und günstigere Bodenentwicklung auf als die Minimapunkte 5, 30 und 47, die ungünstigere Bodenentwicklung, Nährstoffversorgung bzw. ungünstigeres Ausgangsgestein aufweisen.

Korrelationen für Teile des Untersuchungsgebietes bzw. das Gesamtgebiet ließen gesicherte Zusammenhänge zwischen den erwähnten Parametern nicht erkennen. Während die erhöhten Werte für Blei und Zink (trotz der sorptiven Bindung an die organische Substanz) eine Akkumulation infolge Immissionen unter Umständen möglich erscheinen lassen, ist dies für Cobalt, Chrom, Nickel und Kupfer auszuschließen. Nach GLATZEL, 1988 (mündliche Mitteilung) könnten Bleiverteilungsspektren, wie sie in der Gleinalm auftreten, auf Fernverfrachtung schließen lassen (Blei als "Leitfossil des Industriezeitalters"). Eher können die niedrigeren Werte zumindest einzelner Meßpunkte Mangel an essentiellen Schwermetallen induzieren. Schwankungen der Werte betragen bei Kupfer, Kobalt, Zink und Blei maximal 300%, bei Chrom beträgt sie 400% ($X_{\max}$ von Kupfer, Cobalt, Blei und Zink, Nickel $< 3 \times$, $X_{\max}$ von Chrom $\leq 4 \times$).

Schwermetallgehalte über die Tiefenstufen



Die Streuung der Werte für Cobalt und Nickel innerhalb der einzelnen Tiefenstufen ist gering; als einziges Element zeigt Blei eine größere Spreitung der Werte über die Tiefenstufen.

Abgesehen von Blei ist die Streuung der Elementgehalte in den Auflagehorizonten geringer als in den Bodenhorizonten.

Zwischen den untersuchten Schwermetallen konnten keine Antagonismen und Synergismen beobachtet werden, wie sie beispielsweise FIEDLER (1988) zwischen Blei und Zink anführt.

Es konnten keine Zusammenhänge zwischen Bodentyp und Auflagemächtigkeit bzw. Auflagegewicht festgestellt werden. Eine geringe- statistisch nicht absicherbare- Differenzierung besteht bezüglich der Parameter Substrat und Auflagegewicht (sekundär: Auflagemächtigkeit). Punkte auf Glimmerschiefer zeigen mit 4,6 cm eine gering höhere Auflagemächtigkeit als Amphibolit und Augengneis; Sie besitzen mit $64,6 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ auch ein deutlich höheres Auflagegewicht als Punkte auf Amphibolit und Augengneis mit 44 bzw. $41 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$.

Die Schwankungen des Auflagegewichts sind besonders bei Glimmerschiefer und Amphibolit ($x_{\max} = 10x_{\min}$) sehr hoch.

Es zeigen sich keinerlei Verteilungsmuster bezüglich Minima und Maxima von Auflagemächtigkeit bzw. -gewicht.

5 Literatur

- BLUM, W.E.H., DANNEBERG, O.H., GLATZEL, G., GRALL, H., KILIAN, W., MUTSCH, F., STÖHR D., 1986: Waldbodenuntersuchung, Geländeaufnahme, Probenahme, Analyse.
Österr.Bodenk.Gesellschaft, AG Waldbodenuntersuchung, Wien, 59 Seiten.
- FIEDLER, H.J. et al., 1973: Forstliche Pflanzenernährung und Düngung, Stuttgart, Verlag Gustav Fischer.
- FIEDLER, H.J., 1988: Zur Zn-Ausstattung der Fichtenökosysteme in Gebieten mit "neuartigen" Waldschäden. Beiträge z.Forstw. 22:2.

- GLATTES, F. et al., 1985: Höhenprofil Zillertal - Untersuchung einiger Parameter zur Ursachenforschung von Waldschäden, FBVA Berichte, Wien.
- HEINRICHS, H., 1975: Conclusions on the filtering action of forests from ecosystem analysis. *Oecol. Plant.* 9:157-168.
- HILDEBRAND, E.E., 1974: Die Bindung von Immissionsblei in Böden, bodenkundliche Abhandlungen 4, Freiburg in Breisgau.
- KEILEN, K., 1978: Spurenelementverteilung und Bodenentwicklung im Bärhaldegebiet (Südschwarzwald) bodenkundliche Abhandlungen 8 Freiburg in Breisgau.
- KLOKE, A., 1980: Richtwerte 1980, Orientierungsdaten für tolerierbare Gesamtgehalte einiger Elemente in Kulturböden. -Mitt. VDLUFA, 1-3:9-11.
- KLOKE, A., 1980: Sollen Richtwerte für tolerierbare Schwermetallgehalte in landwirtschaftlich- gärtnerisch genutzten Böden auch für Forstböden gelten? - Mitt. Forstl. Bundesvers. Anst. 137:241-246.
- MAJER, Ch., KILIAN, W. und MUTSCH, F., 1989: Die Böden im Gleinalmgebiet. Mitt. Forstl. Bundesvers. Anst. Wien, 163/Bd. I.
- MAYER, R., 1981: Natürliche und anthropogene Komponenten des Schwermetallhaushaltes von Waldökosystemen. Habilitationsschrift der forstlichen Fakultät der Universität Göttingen, 296 Seiten.
- RAISCH, W., 1983: Bioelementverteilung in Fichtenökosystemen der Bärhalde (Südschwarzwald). Bodenkundliche Abhandlungen 11, Freiburg in Breisgau.
- SCHEFFER-SCHACHTSCHABEL et.al., 1984: Lehrbuch der Bodenkunde, 11.Auflage, Verlag F.Enke, 1984 Stuttgart.
- STEFAN, K., 1986: Beiträge zur Landesforstkonzferenz, 7 Seiten, Wien.
- TYLER, G., RÜHLING, A., 1970, cit. in NILSSON, I., 1972: Accumulation of metals in spruce needles and needle litter. *Oikos* 23:132-136.

3 Pyknidien und Konidien von *Tryblidiopycnis pinastri*

Nach Sutton (1980) sind die Fruchtkörper eustromatisch, zur Hälfte eingesenkt, hervorbrechend, kreisförmig, abgeflacht bis kollabierend, einzeln, gehäuft oder zusammenfließend, schwarz, ein bis mehrkammerig und erreichen eine Größe von 650 x 280 Micron. Das Material aus der Glein weist Fruchtkörper auf, die deutlich unter einem Millimeter im Querschnitt messen, in trockenem Zustand faltig zusammengesunken und von harter Konsistenz sind. Sie entstehen unter der Rinde und fußen direkt am Holz. In unreifem Zustand bestehen sie aus einem stumpf kegelförmigen Stroma, dessen Boden durch inkorporierte Wirtszellen im Stereomikroskop rötlichgelb erscheint. Dieser pseudostromatische Anteil des Fruchtkörpers bedingt die erwähnte harte Konsistenz. Im Zuge der Reife entstehen nun auf dem Basalstroma botryöse

Ostiolum wird keines ausgebildet.

Die Konidiophoren sind nach Sutton (1980) farblos, septiert, einfach, oben verzweigt, +- gerade, apikal zugespitzt und kleiden die Konidienhöhlung aus. Die eigentlichen konidienbildenden Zellen sind holoblastisch, sympodial oder synchron, sitzen auch oft direkt der textura angularis an und besitzen an der Spitze 1 bis 2 kleine, unverdickte, kaum vorgewölbte Narben.

In den eben angeführten Merkmalen entsprechen die Fruchtkörper von *Trybliopycnis pinastri* aus der Glein zur Gänze der Beschreibung von Sutton (1980).

Die Konidien sind farblos, nicht septiert, hamat oder fusiform, dünnwandig und weisen keine Guttulae auf. Ihre Größe beträgt 19-28 x 1 Micron (Sutton 1980).

Funk (1981) gibt 18-30 x 1 Micron große Sporen an, die in Form gelblichgrüner Ranken austreten. Gremmen (1957) fand bei Kulturversuchen auf sterilisierten Weizenkörnern neben den bis 27 Micron langen Konidien auch kürzere, die nur 11-12 Micron erreichten. Auch er beobachtete gelblichgrüne Sporenmassen.

Die Konidien des Materials aus der Glein sind sehr unregelmäßig gebogen, gelegentlich auch gerade. Sie sind farblos und von unterschiedlicher Länge: oft erreichen sie 24 Micron und mehr, gelegentlich sind sie deutlich unter 20 Micron lang. Die Dicke beträgt ziemlich einheitlich 1,3 Micron. Auffallend ist die stark schwankende Anzahl der Guttulae in den Konidien. Diese Tröpfchen, die meist die ganze Breite der Spore einnehmen, führen zur Vortäuschung von Septen in den Konidien. In reifen Fruchtkörpern erscheint die Sporenmasse oft leuchtend gelb.

4 Merkmalsunterschiede zwischen *Phomopsis conorum* und *Trybliopycnis*

Eine Verwechslungsgefahr besteht nur bei der Beta-Sporenform von *Phomopsis conorum*: die Konidien sind vergleichbar lang und dick und zeigen auch nicht die charakteristische Spazierstockform,

wie etwa bei *Phomopsis occulta*. Der wesentlichste Unterschied zwischen *Phomopsis* und *Tryblidiopycnis* liegt in der Bildungsweise der Konidien. Letztere folgt bei *Phomopsis* nie dem sympodialen Modus, die konidiogenen Zellen sind vielmehr "Phialiden", die an der Spitze einen dünnen Plasmakanal erkennen lassen, der von schwach verdickten Wandschichten umgeben ist. Weiters kommt es bei der Konidienbildung zu keinem Längenwachstum der konidienbildenden Zelle. Schließlich sitzen letztere an stärker septierten und verzweigten Konidiophoren als die sporenbildenden Zellen von *Tryblidiopycnis*.

Die Pyknidien von *Phomopsis conorum* sind ebenfalls eustromatisch, hingegen fast immer tief im Wirtsgewebe eingesenkt. Ihre Oberseite durchbricht die Rindenoberfläche oft nur schwach. Die Konsistenz der Stromata in natürlich-trockenem Zustand ist weniger hart als bei *Tryblidiopycnis*. Schließlich erreichen die Fruchtkörper bis 2 mm Größe und besitzen oft, aber nicht notwendigerweise, ein bis mehrere Ostiolen.

5 Vorkommen und Bedeutung von *Tryblidiopycnis pinastri* im Gleinalmgebiet

Nach Funk (1981) wächst *Tryblidiopycnis pinastri*, beziehungsweise die Hauptfruchtform, an allen Arten der Gattung *Picea*, und zwar an abgestorbenen Zweigen. Die Art ist meist saprophytisch, kann allerdings gelegentlich Zweigsterben verursachen (Takahashi und Saho 1973, Browne 1966).

Im Gleinalmgebiet findet sich die Pyknidienform sehr häufig an abgestorbenen etwa daumenstarken Totästen sowohl gelb wie grün benadelter Fichten. An Feinzweigen unter 5 mm Durchmesser sind die Pyknidien von *Macrophoma excelsa* (Karst.) Berl. et Vogl. häufiger als *Tryblidiopycnis*-Fruchtkörper.

Ein Vergleich von Fruchtkörperhäufigkeiten an Basen abgestorbener Äste vergleichbaren Abbaugrades zwischen einem gelbnadeligen und einem grünnadeligen Baum ergab eine deutlich stärkere Besiedlung des schon weitgehend von Flechten bedeckten kränkelnden

Baumes durch *Tryblidiopycnis pinastri*. Diese Beobachtung läßt auf eine schnellere Aufschließung des abgestorbenen Ast- und Zweiganteiles bei "kränkelnden" Bäumen, als bei "gesunden" Bäumen schließen, ist also eher als Folge denn als Ursache des Krankheitssyndroms anzusehen.

Die Hauptfruchtform ist ebenfalls häufig. Wie schon v. Höhnelt (1918) feststellte, findet man selten reife Apothezien, doch gelingt die Nachreife unter Laborbedingungen innerhalb weniger Wochen recht leicht.

Überprüfte Vergleichsbelege:

Tryblidiopsis pinastri (Pers.) Karst., Herb. Mus. Palat. Vindob. Nr. 4765/Acqu. 1911

Tryblidiopsis pinastri (Fr. ex Fr.) Karst., Herb. Mus. Hist. Natur. Vindob. Nr. 7708/Acqu. 1947

Tryblidiopsis pinastri (Pers.) Karst., Herb. Mus. Hist. Natur. Vindob. Nr. 7821/Acqu. 1939

6 Zusammenfassung

Im Rahmen von Untersuchungen der Mikropilzflora von Fichtenästen und -zweigen aus dem Gleinalmgebiet wurde ein häufiges Vorkommen der Nebenfruchtform von *Tryblidiopsis pinastri* (Pers.) Karst., *Tryblidiopycnis pinastri* Höhn. festgestellt. Dieser zu den Coelomyceten gehörende Mikropilz kann leicht mit der bekannten Art *Phomopsis conorum* verwechselt werden. *Tryblidiopycnis pinastri* und *Phomopsis conorum* werden den morphologischen und anatomischen Fruchtkörpermerkmalen nach verglichen. Darüberhinaus wird über ein starkes Auftreten der Pyknidien an gelbnadeligen Bäumen berichtet und die Rolle der Pilzart bei der Besiedlung der Äste diskutiert.

7 Literatur

Browne, F.G., 1968: Pests and diseases of forest plantation trees. Clarendon, Oxford. S. 991.

- Funk, A., 1981: Parasitic microfungi of western trees. Canad. For. Service, Victoria. 143-144.
- Gremmen, J., 1955: New and noteworthy discomycetous fungi on coniferous hosts from Switzerland. Sydowia IX, 436, 37.
- Gremmen, J., 1957: Further Notes on Discomycetous fungi on coniferous hosts. Sydowia, Beih. 1, Ser. II, 179-181.
- Gremmen, J., 1959: A Contribution to the Mycoflora of Pine Forests in the Netherlands. Nova Hedwigia 1, 3+4, 251-283.
- Höhnelt, F.v., 1918: Fragmente zur Mykologie Nr. 1100. Über Trybliidiopycnis pinastri (P.) und deren Nebenfruchtform. Sber. Akad. Wiss. Wien, 127: 560-563.
- Karsten, P.A., 1871: Mycologia fennica, Pars. I, Discomycetes. Bidr. t. känn. Finn. nat. o. folk, 19.
- Rehm, H., 1896: Die Pilze Deutschlands, Österreichs und der Schweiz. Rabenhorst's Kryptogamenflora, Abt. III, Ascomyceten, Leipzig.
- Sutton, 1980: The Coelomycetes, S. 221-222. Kew Surrey.
- Takahashi, I. u. H. Sano, 1973: Trybliidiopsis pinastri (Pers.) Karst. causing dieback of Picea in Japan. J. Japan. For. Soc. 55: 75-77.

Aus dem Publikationsverzeichnis der Forstlichen
Bundesversuchsanstalt

Mitteilungen der Forstlichen Bundesversuchsanstalt Wien

- | | | | |
|------|--------|---|------------|
| 1981 | 138 | Beiträge zur Wildbacherosions- und Lawinenforschung (3). IUFRO-Fachgruppe S1.04-00 Wildbäche, Schnee und Lawinen.
Preis ÖS 200.-- | 162 S. |
| 1981 | 139 | Zuwachskundliche Fragen in der Rauchschadensforschung. IUFRO-Arbeitsgruppe S2.09-10 "Diagnose und Bewertung von Zuwachsänderungen". Beiträge zum XVII. IUFRO-Kongress.
Preis ÖS 100.-- | 85 S. |
| 1981 | 140 | Standort: Klassifizierung - Analyse - Anthropogene Veränderungen. Beiträge zur gemeinsamen Tagung der IUFRO-Arbeitsgruppen S1.02-06 (Standortsklassifizierung) und S1.02-07 (Quantitative Untersuchung von Standortsfaktoren). 5.-9. Mai 1980 in Wien, Österreich.
Preis ÖS 250.-- | 239 S. |
| 1981 | 141 | Müller, Ferdinand: Bodenfeuchtigkeitmessungen in den Donauauen des Tullner Feldes mittels Neutronen-sonde.
Preis ÖS 150.-- | 51 S. |
| 1981 | 142/I | Dickenwachstum der Bäume. Vorträge der IUFRO-Arbeitsgruppe S1.01-04, Physiologische Aspekte der Waldökologie, Symposium in Innsbruck vom 9.-12. September 1980.
Preis ÖS 250.-- | S. 1-235 |
| 1981 | 142/II | Dickenwachstum der Bäume. Vorträge der IUFRO-Arbeitsgruppe S1.01-04, Physiologische Aspekte der Waldökologie, Symposium in Innsbruck vom 9.-12. September 1980.
Preis ÖS 250.-- | S. 239-469 |
| 1982 | 143 | Mildner, Herbert; Haszprunar, Johann; Schultze Ulrich: Weginventur im Rahmen der Österreichischen Forstinventur.
Preis ÖS 150.-- | 114 S. |
| 1982 | 144 | Beiträge zur Wildbacherosions- und Lawinenforschung (4). IUFRO-Fachgruppe S1.04-00 Wildbäche, Schnee und Lawinen.
Preis ÖS 300.-- | 297 S. |
| 1982 | 145 | Margl, Hermann: Zur Alters- und Abgangsgliederung von (Haar-)Wildbeständen und deren naturgesetzlicher Zusammenhang mit dem Zuwachs und dem Jagdprinzip.
Preis ÖS 100.-- | 65 S. |

- 1982 146 Margl, Hermann: Die Abschüsse von Schalenwild, Hase und Fuchs in Beziehung zu Wildstand und Lebensraum in den politischen Bezirken Österreichs.
Preis ÖS 200.-- 42 S.
- 1983 147 Forstliche Wachstums- und Simulationsmodelle. Tagung der IUFRO Fachgruppe S4.01-00 Holzmessung, Zuwachs und Ertrag, vom 4.-8. Oktober 1982 in Wien.
Preis ÖS 300.-- 278 S.
- 1983 148 Holzschuh, Carolus: Bemerkenswerte Käferfunde in Österreich. III.
Preis ÖS 100.-- 81 S.
- 1983 149 Schmutzenhofer, Heinrich: Eine Massenvermehrung des Rotköpfigen Tannentriebwicklers (Zeiraphera rufimitrana H.S.) im Alpenvorland (nahe Salzburg).
Preis ÖS 150.-- 39 S.
- 1983 150 Smidt, Stefan: Untersuchungen über das Auftreten von Sauren Niederschlägen in Österreich.
Preis ÖS 150.-- 88 S.
- 1983 151 Forst- und Jagdgeschichte Mitteleuropas. Referate der IUFRO-Fachgruppe S6.07-00 Forstgeschichte, Tagung in Wien vom 20.-24. September 1982.
Preis ÖS 150.-- 134 S.
- 1983 152 Sterba, Hubert: Die Funktionsschemata der Sorten- tafeln für Fichte in Österreich.
Preis ÖS 100.-- 63 S.
- 1984 153 Beiträge zur Wildbacherosions- und Lawinenfor- schung (5). IUFRO-Fachgruppe S1.04-00. Vorbeugung und Kontrolle von Wildbacherosion, Hochwässer und Muren, Schneeschäden und Lawinen.
Preis ÖS 250.-- 224 S.
- 1985 154/I Österreichische Forstinventur 1971-1980. Zehn- jahresergebnis.
Preis ÖS 220.-- S. 1-216
- 1985 154/II Österreichische Forstinventur 1971-1980. Inventur- gespräch.
Preis ÖS 100.-- S. 219-319
- 1985 155 Braun, Rudolf: Über die Bringungslage und den Wer- bungsaufwand im österreichischen Wald.
Preis ÖS 250.-- 243 S.
- 1985 156 Beiträge zur Wildbacherosions- und Lawinenfor- schung (6). IUFRO-Fachgruppe S1.04-00 (Wildbäche, Schnee und Lawinen). Vorbeugung und Kontrolle von Wildbacherosion, Hochwässer und Muren, Schnee- schäden und Lawinen.
Preis ÖS 250.-- vergriffen 247 S.

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

ANGEWANDTE PFLANZENSOZIOLOGIE
Veröffentlichungen der Forstliche Bundesversuchsanstalt Wien

1973	21	Margl, Hermann: Waldgesellschaften und Krummholz auf Dolomit. Preis ÖS 60.--	51 S.
1975	22	Schiechtl, Hugo Meinhard; Stern Roland: Die Zirbe (Pinus cembra L.) in den Ostalpen. I. Teil. Preis ÖS 100.--	84 S.
1978	23	Kronfuss, Herbert; Stern, Roland: Strahlung und Vegetation. Preis ÖS 200.--	78 S.
1979	24	Schiechtl, Hugo Meinhard; Stern, Roland: Die Zirbe (Pinus cembra L.) in den Ostalpen. II. Teil. Preis ÖS 100.--	79 S.
1980	25	Müller, H.N.: Jahrringwachstum und Klimafaktoren. Preis ÖS 100.--	81 S.
1981	26	Alpine Vegetationskartographie. Preis ÖS 300.--	283 S.
1983	27	Schiechtl, Hugo Meinhard; Stern, Roland: Die Zirbe (Pinus cembra L.) in den Ostalpen. III. Teil. Preis ÖS 200.--	110 S.
1984	28	Schiechtl, Hugo Meinhard; Stern, Roland: Die Zirbe (Pinus cembra L.) in den Ostalpen. IV. Teil. Preis ÖS 200.--	99 S.
1985	29	Balatova-Tulackova, E.; Hübl, E.: Feuchtbiotope aus den nordöstlichen Alpen und aus der böhmischen Masse. Preis ÖS 280.--	131 S.

Bezugsquelle

Ö s t e r r e i c h i s c h e r A g r a r v e r l a g
A-1141 Wien