

**MITTEILUNGEN  
DER FORSTLICHEN BUNDESVERSUCHSANSTALT  
WIEN**

(früher "Mitteilungen aus dem forstlichen Versuchswesen Österreichs")

163. Heft/Band IV

1991

---

**ZUM WALDSTERBEN IM GLEINALMGEBIET**

FDK 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 3-7040-0937-7  
ISSN 0374-9037

Herstellung und Druck  
Forstliche Bundesversuchsanstalt  
A - 1131 Wien

## INHALTSVERZEICHNIS

### 4. B a n d

	Seite
RÖSSLER G.: Die Entwicklung von Kronenverlichtung und Nadelvergilbung in der Periode 1986-1990 .....	5
GÖBL Friederike: Mykorrhiza- und Feinwurzeluntersuchungen im Waldschadensgebiet Gleingraben und Gleinalpe (Stmk.) V. Mykorrhiza - Erosionen .....	31
SMIDT ST. u. LEITNER J.: Immissionsmessungen im Gleinalmgebiet .....	51
STEFAN K.: Zur Nährelementversorgung der Fichtennadeln von gedüngten und ungedüngten Bäumen im Gleinalmgebiet .....	65
TOMICZEK Ch.: Forstpathologische Erhebungen im Gebiet der Glein IV. Die Abhängigkeit der elektrischen Widerstandsmessung im Splintholz lebender Bäume von äußeren Faktoren ..	141
V. Beobachtungen des Vitalitätszustandes von Fichten mittels Impulsstrommethode in gedüngten und ungedüngten Dauerbeobachtungsflächen der Gleinalpe .....	173



# DIE ENTWICKLUNG VON KRONENVERLICHTUNG UND NADELVERGILBUNG IN DER PERIODE 1986-1990

Günter Rössler

## 1 Einleitung

Bereits zu Beginn der 80er-Jahre konnten an den Bäumen im Bereich des Gleingrabens Kronenverlichtungen und Nadelvergilbungen festgestellt werden. Die fortschreitende Verschlechterung des Waldzustandes in den Folgejahren führte dazu, daß man etwa ab Mitte der 80er-Jahre mit intensiven Untersuchungen in diesem Gebiet begann. Einerseits sollte versucht werden, den aktuellen Waldzustand zu erheben und die möglichen Schadursachen aufzuklären, andererseits sollten Möglichkeiten zur Besserung des Waldzustandes gefunden werden.

Diese Untersuchung als Teil des Gesamtprojektes Gleinalm sollte Antwort auf folgende Fragen liefern:

- a) Wie entwickelt sich der Kronenzustand (Benadelungsdichte und Nadelvergilbung) im Laufe der Zeit?
- b) Ist ein einheitlicher Trend in der Entwicklung des Kronenzustandes ableitbar?
- c) Inwieweit haben die durchgeführten Düngungsmaßnahmen Einfluß auf die Entwicklung des Kronenzustandes?

## 2 Lage der Probeflächen (Abb.1)

Die Festlegung der Standorte der einzelnen Probeflächen erfolgte unter Berücksichtigung mehrerer Gesichtspunkte. Erstens sollten die Probeflächen vor allem in den am stärksten geschädigten Bereichen des Untersuchungsgebietes eingerichtet werden (4 Probeflächen nördlich und 10 Probeflächen südlich des Gleingrabens).

Weiters wurden in den Bereichen, in denen bereits 1985 und 1986 zuwachskundliche Untersuchungen (Stammanalysen) durchgeführt worden sind, Dauerbeobachtungsflächen errichtet (Probeflächen 1,2,3,4 und 6). Letztlich mußte auch auf die Verteilung der einzelnen Düngezonen Rücksicht genommen werden, wobei sich auf vergleichbaren Standorten jeweils eine Fläche innerhalb und eine Vergleichsfläche außerhalb des Düngebereiches befindet (Probeflächen 4/16, 8/9, 10/11, 12/13 und 14/15).

Insgesamt wurden im Untersuchungsgebiet Gleinalm im Jahre 1986 auf 14 Dauerbeobachtungsflächen 491 herrschende oder vorherrschende Fichten dauerhaft markiert, um jährlich durchzuführende Ansprachen des Kronenzustandes an denselben Probehäusern sicherzustellen.

### 3 Aufnahmemethodik, Ansprachekriterien und Auswertung

Die Taxation der einzelnen Kronenzustände wurde bisher in den Jahren 1986, 1987, 1989 und 1990 jeweils in den Monaten August/September von denselben Mitarbeitern des Institutes V der Forstlichen Bundesversuchsanstalt durchgeführt. Im Jahre 1988 erfolgte keine Ansprache der Probehäuser.

Die Kronenzustandsansprache an Einzelbäumen wurde den bundeseinheitlichen Richtlinien der Österreichischen Waldzustandsinventur entsprechend durchgeführt. Die Kronentaxation erfaßt folgende Bereiche:

- a) die Entwicklung des Jahrestriebes
- b) den Zustand der Wipfelregion im Vergleich zur übrigen Krone
- c) die Kronenzustandsform (Kronenverlichtung)
- d) den Typ der Entnadelung

e) die Nadelverfärbungen (Vergilbungen)

f) den Nadelverlust (die Schätzung in 5%-Stufen erfolgte erst ab dem Jahre 1989)

In dieser Untersuchung wurde nur die Entwicklung der Kronenzustandsform, der Nadelvergilbungen und der Nadelverlustprozente ausgewertet. Auf die Auswertung des Zustandes der Wipfelregion und des Entnadelungstypes konnte verzichtet werden, da bei 99% der Probebäume der Zustand der Wipfelregion keinen bedeutenden negativen Unterschied gegenüber dem Zustand der übrigen Krone aufgewiesen hatte und bei über 96% der verlichteten Probebäume eine Entnadelung von innen nach außen und von unten nach oben abnehmend festgestellt werden konnte.

Die Auswertung der einzelnen Aufnahmen umfaßt die Veränderung der Kronenverlichtung (Verteilung der einzelnen Verlichtungsstufen je Probefläche, flächenbezogener mittlerer Verlichtungsgrad, mittlere Nadelverlustprozente je Probefläche) sowie den Anteil der Bäume mit Nadelvergilbungen über den Zeitraum von 1986 bis 1990.

Die Beurteilung der Kronenzustandsform erfolgt nach 5 Verlichtungsstufen:

**Kronenzustandsform:**

- 1 - keine über das natürliche Ausmaß hinausgehende Kronenverlichtung (entspricht etwa einem Nadelverlust bis 15%)
- 2 - schwache Kronenverlichtung (entspricht etwa einem Nadelverlust von 15 - 30%)
- 3 - mittlere Kronenverlichtung (entspricht etwa einem Nadelverlust von 30 - 50%)
- 4 - starke Kronenverlichtung (entspricht etwa einem Nadelverlust über 50%)
- 5 - Krone abgestorben

Die mittleren Verlichtungsindices (Verlichtungsgrade) je Probestfläche werden durch Mittelbildung der erhobenen Kronenzustände der Einzelbäume berechnet.

Baumkronen wurden erst dann als vergilbt bewertet, wenn bei mehr als 25% der Gesamtnadelmasse Vergilbungerscheinungen festgestellt werden konnten.

Einen Sonderfall innerhalb der Auswertung stellt die Probestfläche 3 dar. Ein Vergleich der Kronenzustände erscheint nur von 1986 bis 1989 sinnvoll, da im Herbst 1989 von ursprünglich 50 Probestbäumen 31 genutzt wurden und 1990 nur mehr 19 Probestbäume taxiert werden konnten. Dies ist auch in den Abbildungen 2,4,11 und 12 durch eine geänderte Darstellung der Ergebnisse 1990 der Probestfläche 3 gegenüber den übrigen Probestflächen ersichtlich.

Eine Trendberechnung der Entwicklung des Kronenzustandes von 1986 - 1990 wurde für die Probestfläche 3 aus dem vorher erwähnten Grund ebenfalls nicht durchgeführt und ist daher in Abb.10 auch nicht dargestellt.

#### 4 Ergebnisse der Kronenzustandstaxation (Tabellen 1 - 3, Abbildungen 2 - 14)

##### 4.1 Kronenverlichtung (Tab.1, Abb.2 - 10)

Die Berechnung der Verlichtungsindices hat aufgezeigt, daß die Probestbäume auf sämtlichen Probestflächen zu Beginn dieser Untersuchung im Jahre 1986 einen relativ hohen mittleren Verlichtungsgrad aufgewiesen hatten. Die Probestfläche 12 mit der geringsten mittleren Verlichtung weist immerhin noch einen Wert von 1.63 auf. 9 Probestflächen erreichten einen mittleren Verlichtungsgrad von 2.00 und darüber. Beim Vergleich der mittleren Kronenverlichtungen im Jahre 1987 gegenüber 1986 ist zu erkennen, daß auf

e) die Nadelverfärbungen (Vergilbungen)

f) den Nadelverlust (die Schätzung in 5%-Stufen erfolgte erst ab dem Jahre 1989)

In dieser Untersuchung wurde nur die Entwicklung der Kronenzustandsform, der Nadelvergilbungen und der Nadelverlustprozente ausgewertet. Auf die Auswertung des Zustandes der Wipfelregion und des Entnadelungstypes konnte verzichtet werden, da bei 99% der Probebäume der Zustand der Wipfelregion keinen bedeutenden negativen Unterschied gegenüber dem Zustand der übrigen Krone aufgewiesen hatte und bei über 96% der verlichteten Probebäume eine Entnadelung von innen nach außen und von unten nach oben abnehmend festgestellt werden konnte.

Die Auswertung der einzelnen Aufnahmen umfaßt die Veränderung der Kronenverlichtung (Verteilung der einzelnen Verlichtungsstufen je Probefläche, flächenbezogener mittlerer Verlichtungsgrad, mittlere Nadelverlustprozente je Probefläche) sowie den Anteil der Bäume mit Nadelvergilbungen über den Zeitraum von 1986 bis 1990.

Die Beurteilung der Kronenzustandsform erfolgt nach 5 Verlichtungsstufen:

**Kronenzustandsform:**

- 1 - keine über das natürliche Ausmaß hinausgehende Kronenverlichtung (entspricht etwa einem Nadelverlust bis 15%)
- 2 - schwache Kronenverlichtung (entspricht etwa einem Nadelverlust von 15 - 30%)
- 3 - mittlere Kronenverlichtung (entspricht etwa einem Nadelverlust von 30 - 50%)
- 4 - starke Kronenverlichtung (entspricht etwa einem Nadelverlust über 50%)
- 5 - Krone abgestorben

Die mittleren Verlichtungsindices (Verlichtungsgrade) je Probestfläche werden durch Mittelbildung der erhobenen Kronenzustände der Einzelbäume berechnet.

Baumkronen wurden erst dann als vergilbt bewertet, wenn bei mehr als 25% der Gesamtnadelmasse Vergilbungerscheinungen festgestellt werden konnten.

Einen Sonderfall innerhalb der Auswertung stellt die Probestfläche 3 dar. Ein Vergleich der Kronenzustände erscheint nur von 1986 bis 1989 sinnvoll, da im Herbst 1989 von ursprünglich 50 Probestbäumen 31 genutzt wurden und 1990 nur mehr 19 Probestbäume taxiert werden konnten. Dies ist auch in den Abbildungen 2,4,11 und 12 durch eine geänderte Darstellung der Ergebnisse 1990 der Probestfläche 3 gegenüber den übrigen Probestflächen ersichtlich.

Eine Trendberechnung der Entwicklung des Kronenzustandes von 1986 - 1990 wurde für die Probestfläche 3 aus dem vorher erwähnten Grund ebenfalls nicht durchgeführt und ist daher in Abb.10 auch nicht dargestellt.

#### 4 Ergebnisse der Kronenzustandstaxation (Tabellen 1 - 3, Abbildungen 2 - 14)

##### 4.1 Kronenverlichtung (Tab.1, Abb.2 - 10)

Die Berechnung der Verlichtungsindices hat aufgezeigt, daß die Probestbäume auf sämtlichen Probestflächen zu Beginn dieser Untersuchung im Jahre 1986 einen relativ hohen mittleren Verlichtungsgrad aufgewiesen hatten. Die Probestfläche 12 mit der geringsten mittleren Verlichtung weist immerhin noch einen Wert von 1.63 auf. 9 Probestflächen erreichten einen mittleren Verlichtungsgrad von 2.00 und darüber. Beim Vergleich der mittleren Kronenverlichtungen im Jahre 1987 gegenüber 1986 ist zu erkennen, daß auf

13 Probeflächen eine deutliche Verbesserung in der Benadelungsdichte eingetreten ist. Keine Änderung weisen die Probebäume auf der Probefläche 13 auf.

Der Vergleich der letzten Ansprache im Jahre 1990 mit der Erstaufnahme 1986 zeigt, daß sich innerhalb dieses Zeitraumes der mittlere Verlichtungsgrad auf allen Probeflächen deutlich verringert hat. Der höchste mittlere Verlichtungsindex mit einem Wert von 1.69 tritt bei den Probebäumen auf der Probefläche 8 auf. Bei den Probebäumen der Probefläche 14 konnte im Jahre 1990 keine über das natürliche Ausmaß hinausgehende Entnadelung mehr festgestellt werden.

Der mittlere Verlichtungsgrad des Jahres 1990 von 1.84 auf der Probefläche 3 kann aus dem in Kapitel 3 erwähnten Grund nicht als Vergleichsmaß gegenüber den Vorjahren herangezogen werden.

Der Vollständigkeit halber wurde der mittlere Verlichtungsgrad der verbliebenen 19 Probebäume für die einzelnen Aufnahmejahre berechnet. Es ergab sich bei diesen Probebäumen im Mittel jedoch keine Veränderung (vgl. Tab.1)

Die Verteilung der einzelnen Verlichtungsstufen (Kronenzustandsformen) je Probefläche läßt deutlich erkennen, daß größtenteils eine Verlagerung zwischen den Probestämmen mit schwach verlichteter Krone und den Probebäumen ohne Kronenverlichtung erfolgt ist. Es war von 1986 bis 1990 eine Zunahme der Bäume mit Kronenzustand 1 verbunden mit einem Rückgang der Bäume mit schwach verlichteten Kronen zu verzeichnen. Zwischen den Verlichtungsstufen 3,4 und 5 gab es nur geringe Verschiebungen (Abb.3 - 9).

Die Trendberechnung der Kronenverlichtung von 1986 bis 1990 unter Einbeziehung der mittleren Verlichtungsgrade aller Aufnahmejahre bezogen auf die einzelnen Probeflächen zeigt auf allen Probeflächen eine mehr oder weniger fallende Tendenz des mittleren Verlichtungsgrades (Abb.10).

Es muß aber erwähnt werden, daß der Verlauf der Ausgleichsgeraden nur den Trend der Kronenverlichtungen dokumentieren soll, man aber aufgrund der Lage der Geraden in Abb.10 nicht direkt auf die absolute Höhe des mittleren Verlichtungsgrades in den einzelnen Erhebungsjahren schließen darf. Zum Beispiel werden auf den Probeflächen 1,4 und 13 die deutlichen Verbesserungen der Kronenverlichtungen im Jahre 1990 durch die hohen Verlichtungsgrade des Jahres 1989 überzeichnet.

#### 4.2 Nadelverlustprozent (Tab.2, Abb.11)

Der Vergleich der Nadelverluste zwischen den Aufnahmejahren 1989 und 1990 zeigt analog den Veränderungen der Kronenverlichtungen auf 11 Probeflächen eine eindeutige Zunahme der Benadelungsdichte. Nur bei den Probebäumen auf den Probeflächen 2,8 und 15 ergab die Bewertung der mittleren Nadelverluste keine deutliche Veränderung zwischen den beiden Aufnahmejahren 1989 und 1990. Bei der Darstellung der mittleren Nadelverluste der Probefläche 3 in Abb.11 ist zu beachten, daß für das Jahr 1989 die Berechnung von 50 Probestämmen, für das Jahr 1990 aber nur von 19 Probestämmen durchgeführt werden konnte. Ein direkter Vergleich ist daher nicht zulässig und durch die unterschiedliche Darstellungsweise auch verdeutlicht. Eine vergleichende Berechnung der nach der Nutzung verbliebenen 19 Probestämme ergab eine Verbesserung der Benadelungsdichte von 4,7% von 1989 bis 1990.

#### 4.3 Nadelvergilbungen (Tab.1, Abb.12)

Besonders eindeutige Ergebnisse erbrachte die Auswertung des Auftretens von Nadelvergilbungen an den Probebäumen. War der Anteil an vergilbten Bäumen im Aufnahmejahr 1986 noch sehr hoch, auf sämtlichen Probeflächen traten Nadelvergilbungen auf, so verringerte sich der Anteil bereits im Jahre 1987 auf allen Probeflächen deutlich. Diese Entwicklung setzte sich in den Folgejahren fort, sodaß 1990 bei den Probebäumen auf 8 Probeflächen keine Nadelvergilbungen mehr festzustellen waren. Der höchste

Anteil an vergilbten Bäumen tritt auf der Probefläche 8 mit 13.9% auf.

#### 4.4 Entwicklung der Vergleichsflächen gedüngt/ungedüngt

(Tab.3, Abb.13,14)

Bei der Beurteilung des Kronenzustandes der Vergleichsflächen innerhalb und außerhalb der Düngezonen kann zusammenfassend festgestellt werden, daß bei allen Probeflächen, sowohl gedüngt als auch ungedüngt, von 1986 bis 1990 eine Verbesserung der Kronenverlichtungen eingetreten ist.

Bei annähernd gleicher Ausgangssituation der Vergleichsflächen 8/9 und 4/16 (etwa gleich hoher mittlerer Verlichtungsgrad 1986) kann bei den gedüngten Probestämmen eine wesentlich raschere Verbesserung der Kronenverlichtungen erkannt werden als bei den ungedüngten Probestämmen. Gegenläufig stellt sich die Situation im Bereich der Probeflächen 10/11 dar. Hier erfolgte bei den gedüngten Probestämmen von 1987 bis 1989 eine Verschlechterung des Kronenzustandes, während die ungedüngten Probestämme eine stetige Besserung in der Benadelungsdichte aufweisen.

Ähnlich wie bei den Kronenverlichtungen kann die Entwicklung der Nadelvergilbungen gesehen werden. Auch hier haben die Nadelvergilbungen sowohl auf gedüngten als auch auf ungedüngten Probeflächen deutlich abgenommen. Der Vergleich der Probeflächen 8/9 und 14/15 läßt erkennen, daß bei den gedüngten Probestämmen bei gleicher Ausgangssituation (Anteil der vergilbten Bäume 1986 etwa gleich hoch) die Nadelvergilbungen rascher zurückgegangen sind als bei den Probestämmen, die nicht gedüngt worden sind.

Inwieweit für die allgemeine Besserung des Kronenzustandes die Düngungsmaßnahmen verantwortlich sind, kann nicht mit Sicherheit festgestellt werden. Dies wird erst in Zusammenschau mit wachskundlichen Untersuchungen zu klären sein.

## 5 Zusammenfassung

491 herrschende oder vorherrschende Fichten im Bereich des Gleingrabens, die im Jahre 1986 auf 14 Dauerbeobachtungsflächen markiert wurden, dienen als Basis der laufenden Kronenzustandsuntersuchungen.

Die Auswahl der Bereiche, in denen die Dauerbeobachtungsflächen errichtet worden sind, wurde durch mehrere Faktoren beeinflusst. Es waren dies vor allem die Lage der Hauptschadensgebiete, die Bereiche bereits durchgeführter zuwachskundlicher Untersuchungen und letztlich die Lage der Düngezonen.

Die Auswertung der Kronenzustandserhebungen von 1986 bis 1990 hat eine wesentliche Besserung der Situation hinsichtlich Kronenverlichtung und Nadelvergilbung ergeben. Besonders auffällig ist die Verbesserung der Probebäume, deren Kronen zu Beginn der Untersuchung schwach verlichtet waren. Ein Großteil dieser Probebäume zeigt im Jahre 1990 bereits eine normale Benadelungsdichte. Mittel bis stark verlichtete Baumkronen konnten sich in der Regel nicht erholen, hier gibt es nur geringfügige Verlagerungen zwischen den Kronenzustandsformen 3 und 4. Auch ein verstärktes Absterben von Probebäumen ist nicht aufgetreten.

Die allgemeine Verbesserung der Kronenzustände war auch der Grund, daß kein signifikanter Zusammenhang zwischen Kronenzustandsverbesserung und Düngung nachgewiesen werden konnte.

Die Beantwortung dieser Frage wird nur in Zusammenhang mit künftigen zuwachskundlichen Untersuchungen in- und außerhalb der Düngezonen möglich sein.

## 6 Anhang

### Tabellen:

- 1 Kronenverlichtung und Nadelvergilbung
- 2 Nadelverlustprozente
- 3 Kronenverlichtung und Nadelvergilbung der Vergleichsflächen  
gedüngt/ungedüngt

### Abbildungen:

- 1 Lage der Probeflächen
- 2 Kronenzustandsformen
- 3 Verteilung der Kronenzustandsform (Probeflächen 1 und 2)
- 4 Verteilung der Kronenzustandsform (Probeflächen 3 und 4)
- 5 Verteilung der Kronenzustandsform (Probeflächen 6 und 8)
- 6 Verteilung der Kronenzustandsform (Probeflächen 9 und 10)
- 7 Verteilung der Kronenzustandsform (Probeflächen 11 und 12)
- 8 Verteilung der Kronenzustandsform (Probeflächen 13 und 14)
- 9 Verteilung der Kronenzustandsform (Probeflächen 15 und 16)
- 10 Trend der Kronenzustandsentwicklung
- 11 Nadelverlustprozente
- 12 Nadelvergilbungen
- 13 Entwicklung der Kronenzustandsform der Vergleichsflächen  
gedüngt/ungedüngt
- 14 Entwicklung der Nadelvergilbung der Vergleichsflächen  
gedüngt/ungedüngt

Tab. 1: Kronenverlichtung und Nadelvergilbung (&gt; 25% der Nadelmasse)

Probefläche Nr.	Anzahl der Probebäume	Mittlerer Verlichtungsgrad			Anteil der vergilbten Bäume (%)			
		1986	1987	1989	1986	1987	1989	1990
1	38	2.05	1.92	1.92	43.2	32.4	21.6	10.5
2	49	2.14	1.80	1.43	69.4	30.6	2.0	2.0
3 (gedüngt)	50 *	2.06	1.94	2.08	62.0	34.7	20.0	
4	19	1.84	1.79	1.89	63.2	36.8	15.8	10.5
6	25	1.92	1.64	1.92	56.0	8.0	12.0	0.0
8	30	2.03	1.73	1.67	66.7	3.3	6.7	0.0
9 (gedüngt)	36	2.06	1.81	1.61	72.2	36.1	11.1	13.9
10 (gedüngt)	32	2.00	1.78	1.41	75.0	15.6	0.0	0.0
11	33	1.79	1.48	1.67	15.2	0.0	0.0	0.0
12 (gedüngt)	33	2.00	1.76	1.36	48.5	12.1	0.0	0.0
13	32	1.63	1.38	1.16	40.6	9.4	3.1	0.0
14 (gedüngt)	32	2.16	2.19	2.25	93.8	56.3	34.4	9.4
15	32	1.66	1.41	1.19	59.4	15.6	0.0	0.0
16 (gedüngt)	32	2.09	1.69	1.34	50.0	21.9	16.1	12.5
	37	1.78	1.49	1.27	37.8	0.0	0.0	0.0

\* Nutzung von 31 Probestämmen 1989

Tab. 2: Mittlere Nadelverluste (in %)

Probefläche	mittlerer Nadelverlust		Veränderung 1989/90
	1989	1990	
1	24.6	18.2	- 6.4
2	16.3	15.5	- 0.8
3	29.3	23.2	(nicht vergleichbar)
4	23.8	17.2	- 6.6
6	20.2	15.2	- 5.0
8	19.4	20.0	+ 0.6
9	15.2	10.6	- 4.6
10	20.3	11.5	- 8.8
11	15.9	10.0	- 5.9
12	12.0	7.3	- 4.7
13	28.3	21.4	- 6.9
14	12.8	3.4	- 9.4
15	11.7	12.0	+ 0.3
16	13.7	7.8	- 5.9

Tab. 3: Kronenverlichtung und Nadelvergilbung (> 25% der Nadelmasse)  
der Vergleichsflächen gedüngt/ungedüngt

Probefläche Nr.		Mittlerer Verlichtungsgrad			Anteil der vergilbten Bäume (%)				
		1986	1987	1989	1990	1986	1987	1989	1990
9	gedüngt	2.00	1.78	1.41	1.31	75.0	15.6	0.0	0.0
8	ungedüngt	2.06	1.81	1.61	1.69	72.2	36.1	11.1	13.9
10	gedüngt	1.79	1.48	1.67	1.38	15.2	0.0	0.0	0.0
11	ungedüngt	2.00	1.76	1.36	1.18	48.5	12.1	0.0	0.0
12	gedüngt	1.63	1.38	1.16	1.19	40.6	9.4	3.1	0.0
13	ungedüngt	2.16	2.19	2.25	1.78	93.8	56.3	34.4	9.4
14	gedüngt	1.66	1.41	1.19	1.00	59.4	15.6	0.0	0.0
15	ungedüngt	2.09	1.69	1.34	1.38	50.0	21.9	16.1	12.5
16	gedüngt	1.78	1.49	1.27	1.08	37.8	0.0	0.0	0.0
4	ungedüngt	1.92	1.64	1.92	1.56	56.0	8.0	12.0	0.0



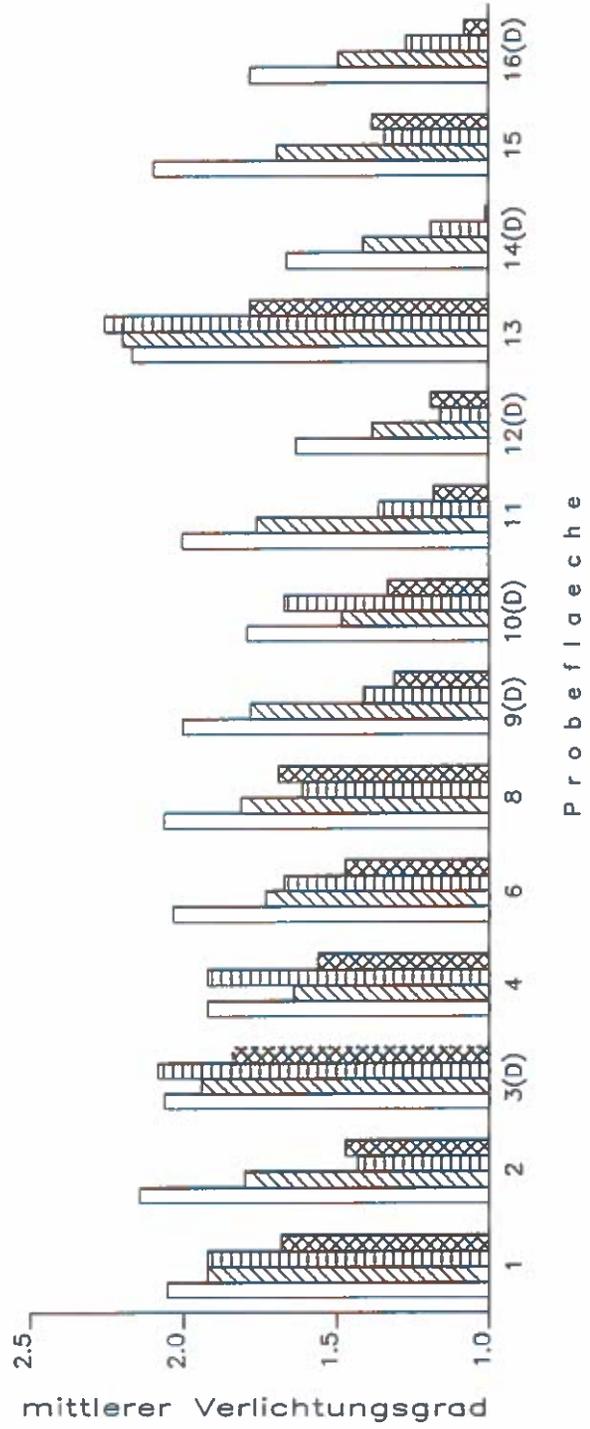
Abbildung 1: Lage der Probeflächen

G L E I N A L M

- = 1986
- ▨ = 1987
- ▧ = 1989
- ▩ = 1990

Abb.2: Kronenzustandsform 1986,1987,1989 und 1990

(D) = geduengt

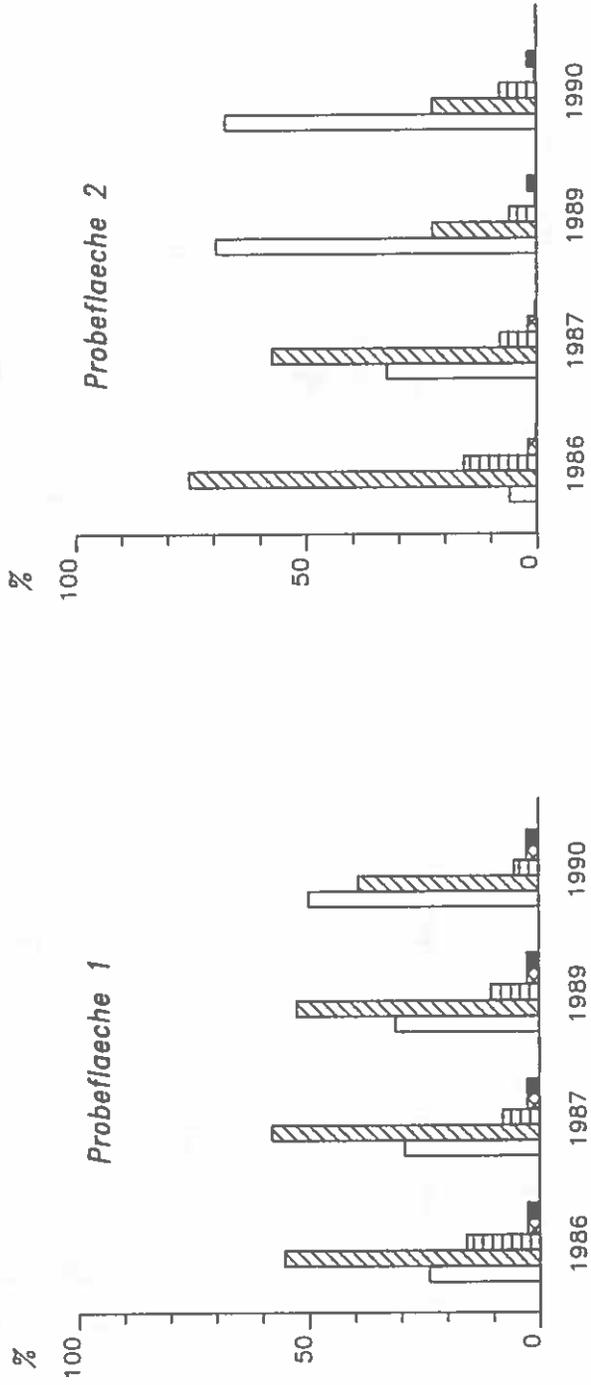


Probeflaeche

KRONENVERLICHTUNG

- 1 KEINE
- 2 SCHWACH
- 3 MITTEL
- 4 STARK
- 5 ABGESTORBEN

Abb.3: Verteilung der Kronenzustandsformen 1 bis 5

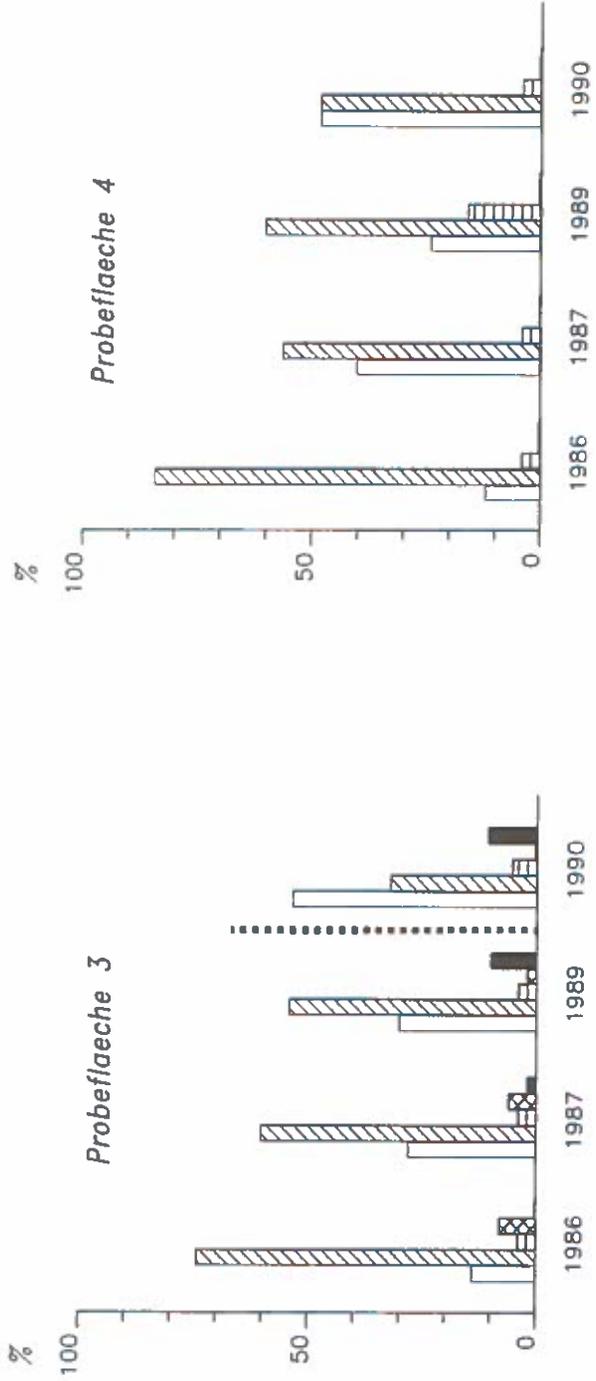


G L E I N A L M

KRONENVERLICHTUNG

- 1 KEINE
- 2 SCHWACH
- 3 MITTEL
- 4 STARK
- 5 ABGESTORBEN

Abb.4: Verteilung der Kronenzustandsformen 1 bis 5

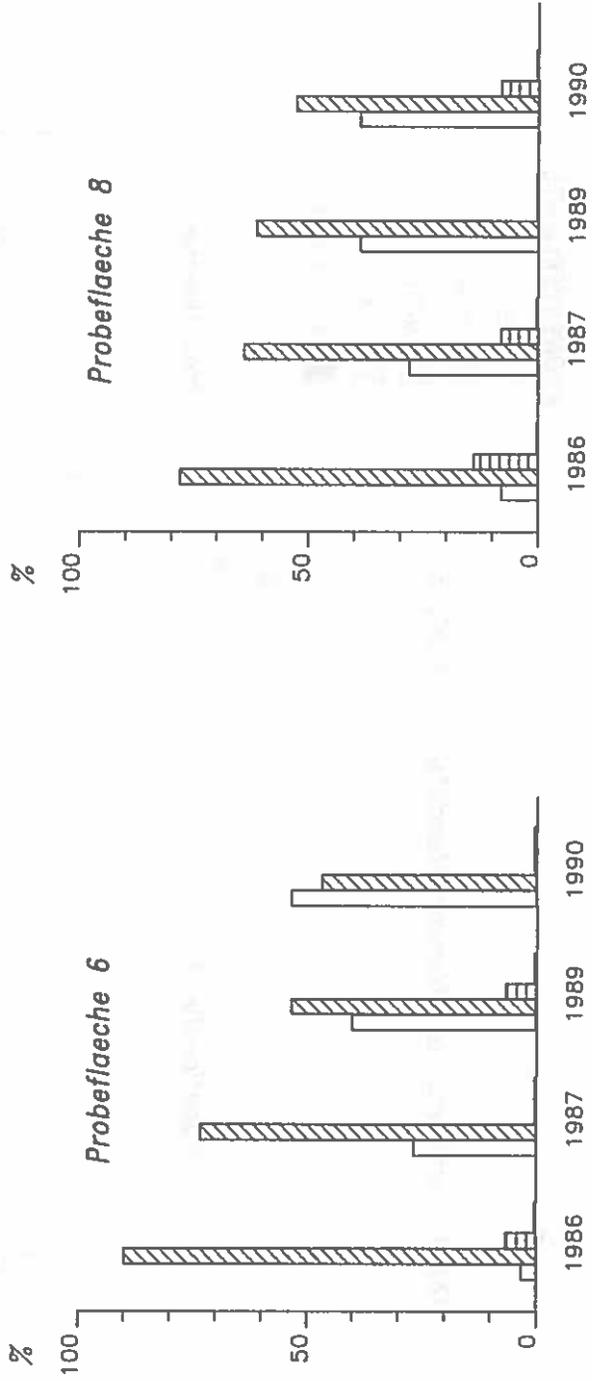


G L E I N A L M

Abb.5: Verteilung der Kronenzustandsformen 1 bis 5

KRONENVERLICHTUNG

- 1 KEINE
- 2 SCHWACH
- 3 MITTEL
- 4 STARK
- 5 ABGESTORBEN

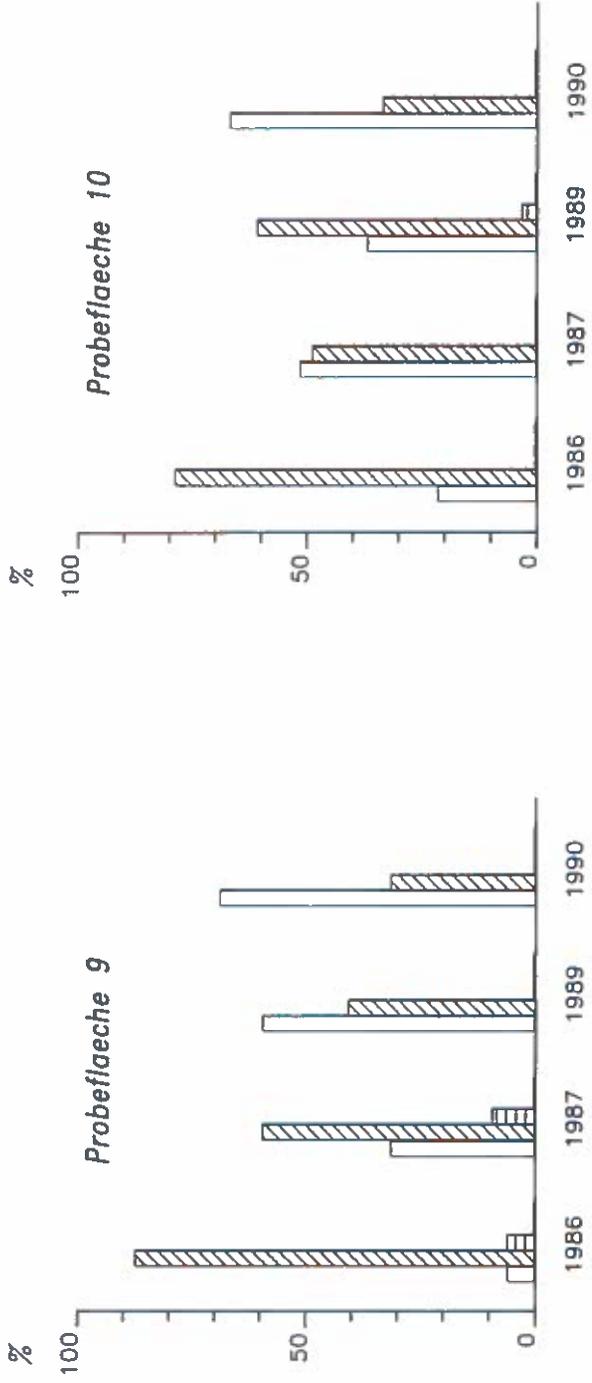


G L E I N A L M

KRONENVERLICHTUNG

- 1 KEINE
- 2 SCHWACH
- 3 MITTEL
- 4 STARK
- 5 ABGESTORBEN

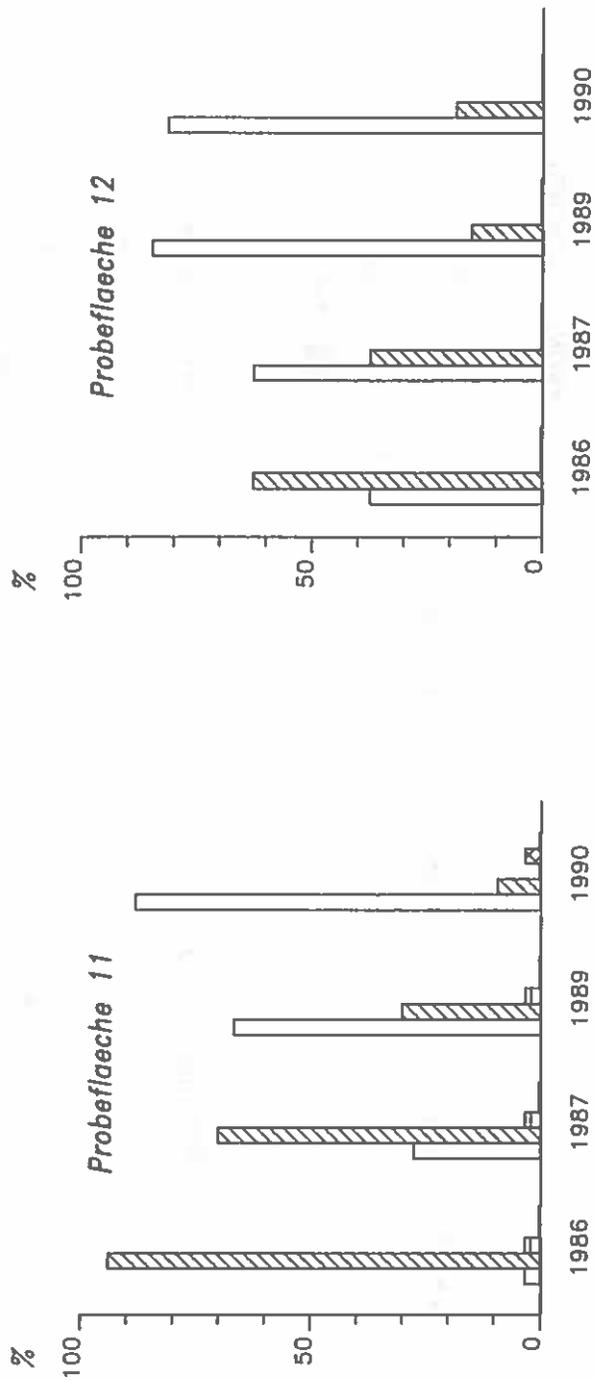
Abb.6: Verteilung der Kronenzustandsformen 1 bis 5



KRONENVERLICHTUNG

- 1 KEINE
- 2 SCHWACH
- 3 MITTEL
- 4 STARK
- 5 ABGESTORBEN

Abb.7: Verteilung der Kronenzustandsformen 1 bis 5

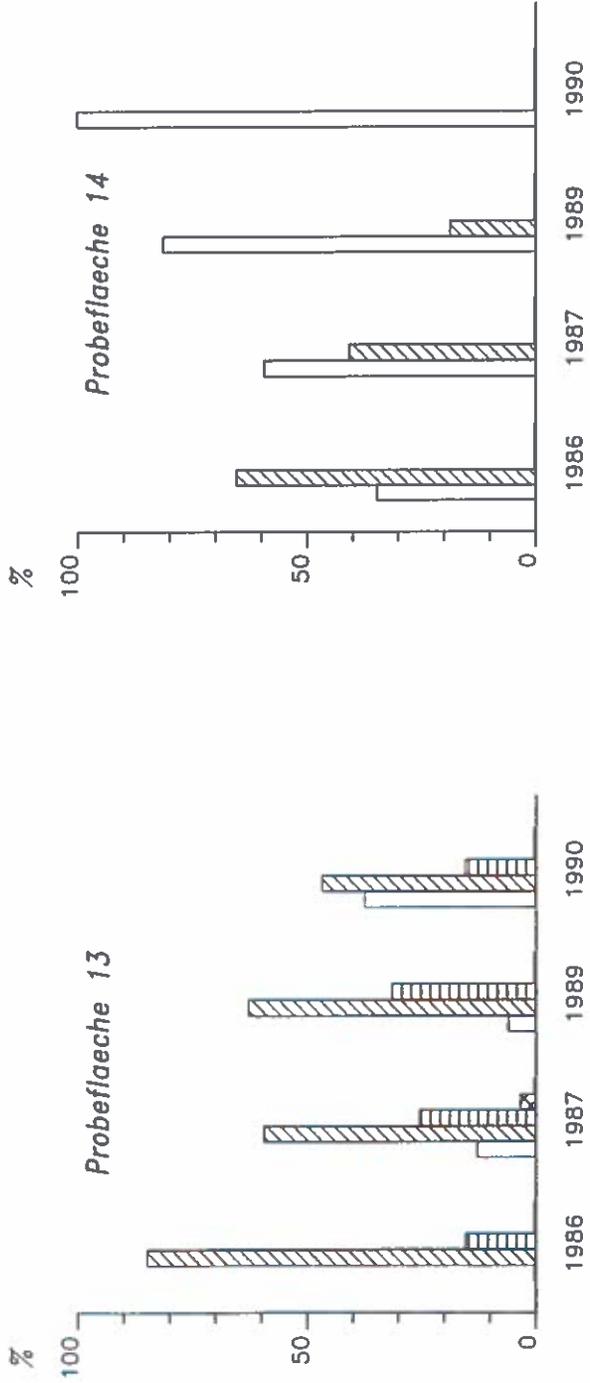


G L E I N A L M

KRONENVERLICHTUNG

- 1 KEINE
- 2 SCHWACH
- 3 MITTEL
- 4 STARK
- 5 ABGESTORBEN

Abb.8: Verteilung der Kronenzustandsformen 1 bis 5

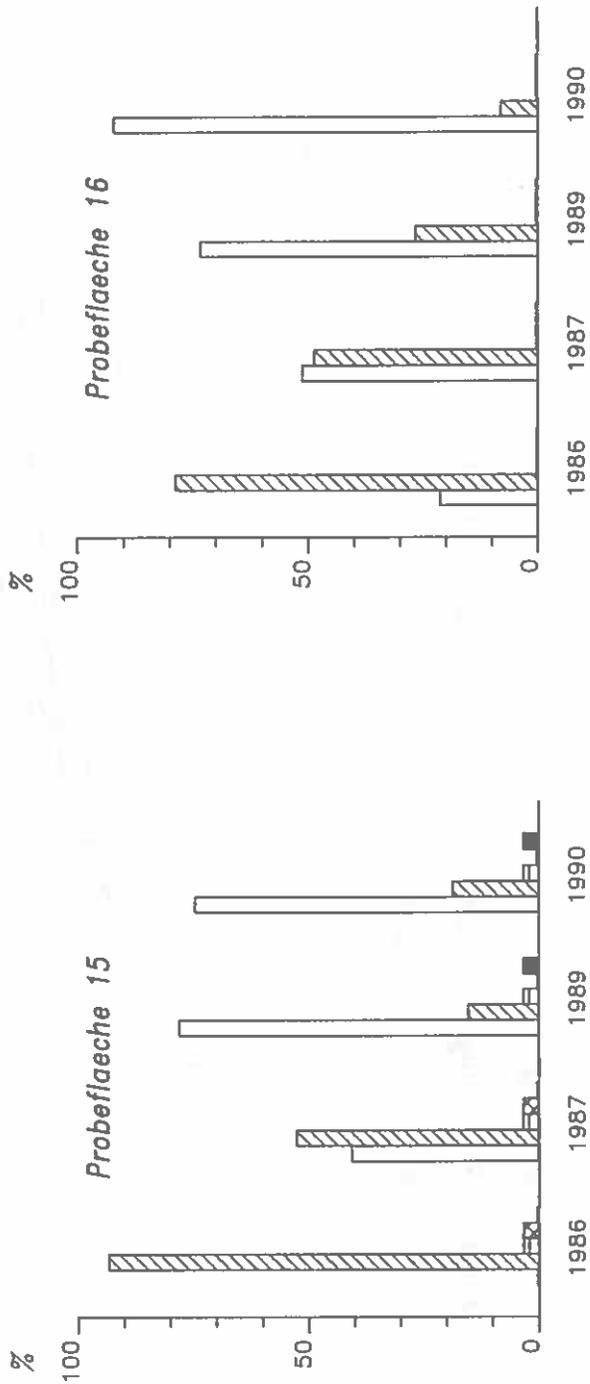


G L E I N A L M

KRONENVERLICHTUNG

- 1 KEINE
- 2 SCHWACH
- 3 MITTEL
- 4 STARK
- 5 ABGESTORBEN

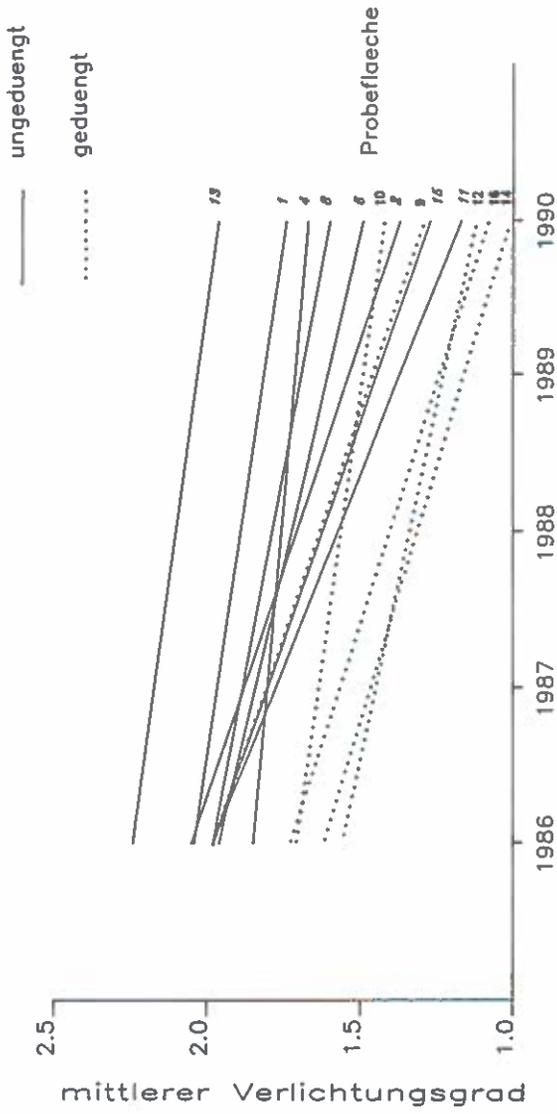
Abb.9: Verteilung der Kronenzustandsformen 1 bis 5



G L E I N A L M

Abb. 10: Entwicklung des Kronenzustandes von 1986 – 1990

(Ausgleichsfunktion:  $Y = A + B * X$ )

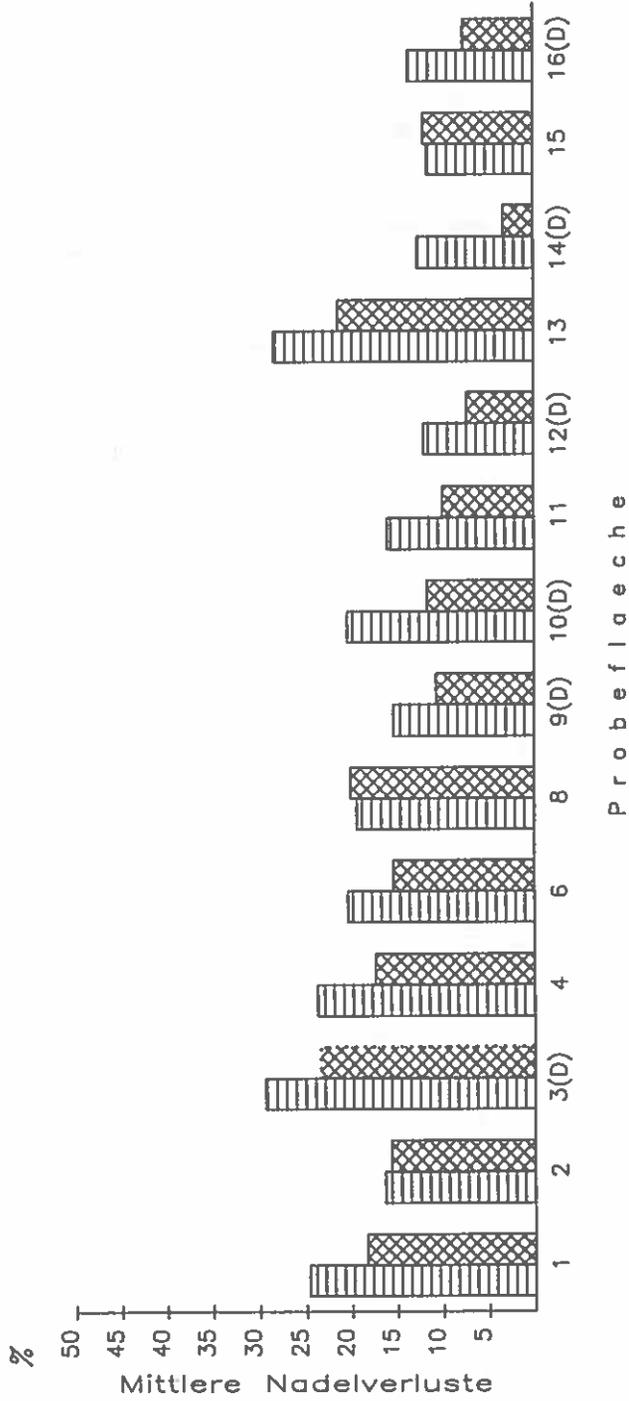


GLEINALM

Abb.11: Mittlere Nadelverluste (in %)

▨ = 1989  
 ▩ = 1990

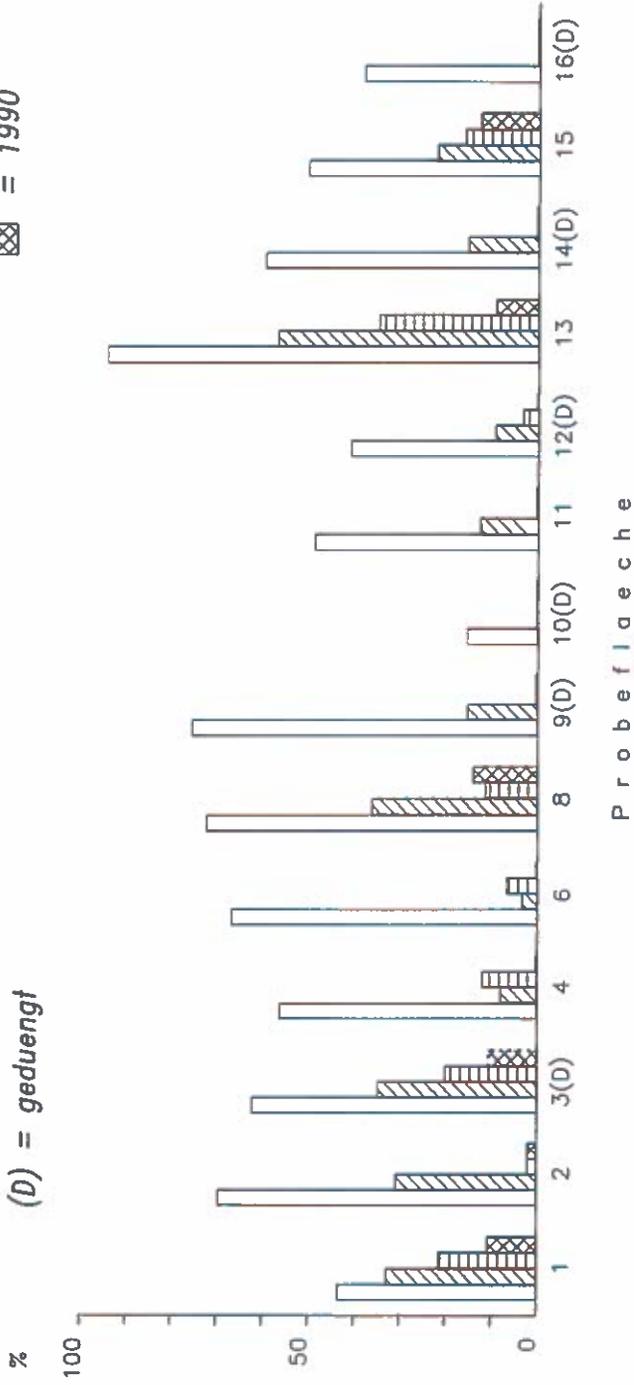
(D) = geduengt



G L E I N A L M

Abb.12: Anteil der Baeume mit Nadelvergilbungen  
( > 25% der Nadelmasse)

- = 1986
- ▨ = 1987
- ▧ = 1989
- ▩ = 1990



# GLEINALM

Abb.13: Entwicklung der Kronenzustandsform der Vergleichsflaechen *geduehnt/ungeduehnt*

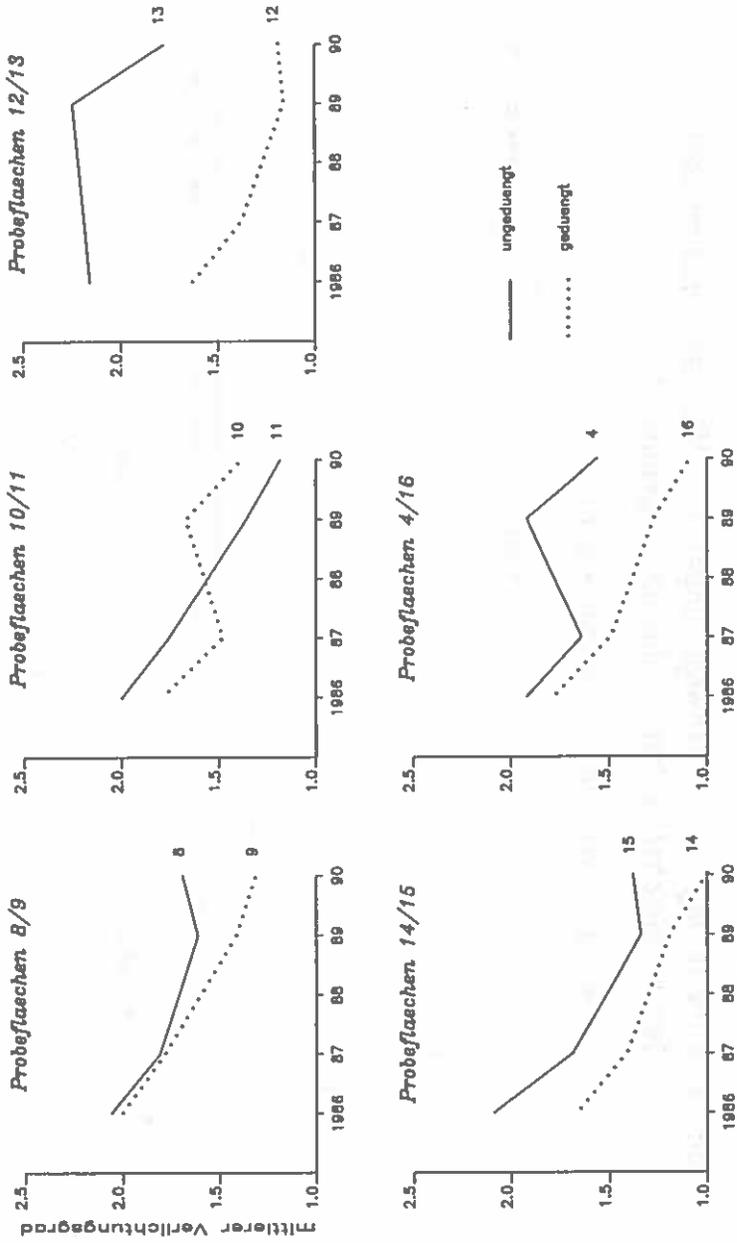
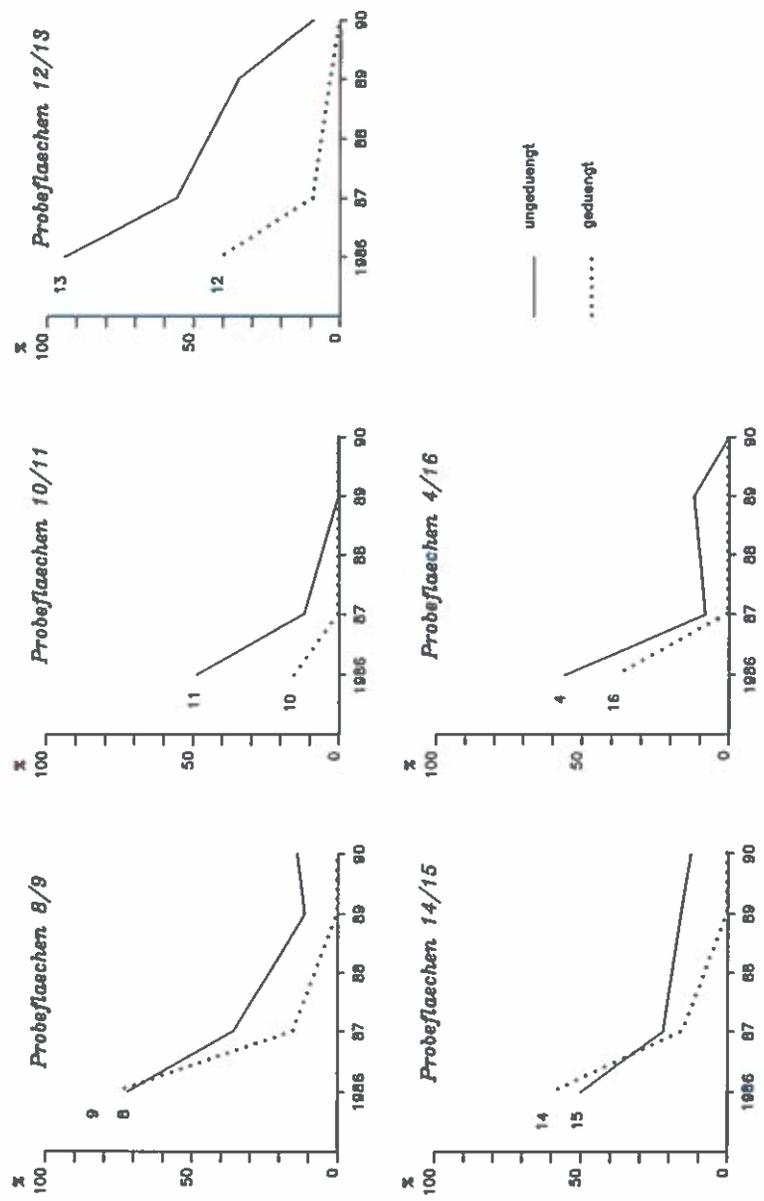


Abb.14: Entwicklung der Nadelvergilbungen (> 25% der Nadelmasse) der Vergleichsflaechen geduehnt/ungehuehnt

(Anteil der Baeume mit Nadelvergilbungen in %)



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

Friederike Göbl

## V. Mykorrhiza - Erosionen

### 1 Einleitung

Bei Versuchsarbeiten in verschiedenen Beständen des Waldschadensgebietes Gleingraben im Spätherbst 1989, fielen auf streubedeckten Flächen zahlreiche, dunkle Flecken verschiedener Form und Größe auf. Sie waren vorher nicht beachtet worden, weshalb die Unsicherheit der Vermutung, daß sie im Laufe des Jahres an Ausdehnung zugenommen haben, bestehen bleibt.

Wie sich herausstellte, handelte es sich bei diesen dunklen Flecken jeweils um eine freiliegende, dichte Schicht von abgestorbenen Mykorrhizen, die im darunterliegenden Boden nicht durch Neubildungen ersetzt worden waren.

Die Erosionen begannen häufig im Bereich der Kronentraufe; fallweise wurden sie entfernt von Stämmen oder im Bereich von Starkwurzeln beobachtet. Bodenverletzungen durch die Entnahme von Pflanzen- oder Bodenproben hatten 2 Jahre später zu keiner Veränderung der Streudecke, beziehungsweise zu Erosionen geführt.

Das Waldsterben im Gleingraben ist mit einer starken Schädigung des Feinwurzelsystems und der Mykorrhizen verbunden, deren Hauptmasse in der obersten Schicht der Auflagehorizonte konzentriert ist (GÖBL 1989, 1990). Als Ursache wurden Fraßschäden festgestellt, durch die bis zu 87 % des Mykorrhizabesatzes zerstört wurden und die in der Folge zu Verformungen des Wurzelsystems führten.

Zerstörte Mykorrhizen erfüllen weder ihre Funktion im Hinblick auf Wasser- und Nährstoffaufnahme noch die einer Verfestigung der Streu und anderer Elemente des Bodens. Als Folge der Störung dieser Funktion von Mykorrhizen verändert sich die Wirkung abiotischer Standortbedingungen offensichtlich. Es kommt zu einem Flächenabtrag von Streu und Mykorrhizen, der nach ersten Untersuchungen eine schwere Schädigung der betroffenen Böden bewirkt und die weitere Entwicklung der Wälder beeinflussen kann.

In der vorliegenden Arbeit wird über einen Versuch zur Klärung entsprechender Erosionsvorgänge auf kleinen Flächen berichtet. Er wurde während der Vegetationsperiode 1990 in 2 Beständen in etwa 1200 bis 1300 m Seehöhe und nur leichtem Geländeabfall nach Südosten durchgeführt.

Für den Stadlmairwald, der seit längerer Zeit die für das Gebiet Gleingraben typischen Waldschäden aufweist (DONAUBAUER 1989), liegen seit 1986 genaue Untersuchungen über flächige Mykorrhizaschäden vor.

Für einen Bestand am Weißbach, in dem starke Vergilbungen erst um 1987 auftraten, weisen Stichprobenuntersuchungen auf ähnliche Verhältnisse hin.

## 2 Methode

Aus Abbildung 1 und 2 wird ersichtlich, daß freiliegende Mykorrhizaschichten sehr deutlich und Stadien beginnender Erosion ebenfalls gut gegen die noch unverletzte, zusammenhängende Streuschicht abzugrenzen sind. Für die Darstellung der Erosionsvorgänge wurde die Kartierung kleiner, unterschiedlich geschädigter und für den Bestand typischer Flächen gewählt. Quadrate von 50 cm Seitenlänge wurden zu den Aufnahmetermen mit einem Netz, das in Teilquadrate von 10 cm Seitenlänge unterteilt war, überspannt. Stahlstifte im Boden außerhalb der Aufnahmeflächen gewährleisteten die exakte Fixierung.

Auf das Netz wurden Klarsichtfolien mit entsprechendem Raster gelegt und für jedes Teilquadrat die erodierten Partien eingezeichnet und mit entsprechenden Signaturen versehen.

Die Bewertung der Erosionsschäden erfolgte in 3 Stufen:

schwach - Mykorrhizen bis zu 25 % der Aufnahmefläche freiliegend,

mäßig - Mykorrhizen zu 25 % - 50 % freiliegend,

stark - Mykorrhizen zu 50 % - 100 % freiliegend.

Im Stadlmairwald sind die Probeflächen durch Zäune gesichert. In beiden Beständen liegen sie im Bereich von Stämmen, die an der Basis dürre Äste aufweisen und somit Veränderungen der Streu, etwa durch Tritt von Vieh oder Wildtieren, verhindern.

4 Flächen im Stadlmairwald wurden am 15. Mai, 3. Juli und 23. Oktober 1990 kartiert; 4 Flächen am Weißenbach am 4. Juli und am 24. Oktober 1990.

Das Ausmaß der Schäden wurde durch Planimetrierung bestimmt. Die Abbildungen sind für jede Fläche nach Aufnahmeterminen gereiht.

Die Prüfung auf das Stadium des Verfalles der erodierten Mykorrhizaschicht, beziehungsweise auf vorhandene, lebende Mykorrhizen erfolgte durch mikroskopische Kontrolle von Stichproben aus ähnlichen, benachbarten Flächen.

### 3 Ergebnisse

Alle Aufnahmequadrate wiesen zu Beginn der Untersuchung Teilflächen mit verschiedenen Stadien von Mykorrhiza-Erosionen auf. Ihre Ausdehnung war unterschiedlich und betrug im Stadlmairwald zwischen 9,3 und 63,9 Prozent und war im Bestand am Weißenbach mit 3,3 bis 17,6 Prozent weniger ausgeprägt.

In allen Fällen war für den Untersuchungszeitraum eine Zunahme der Mykorrhiza-Erosionen festzustellen.

Aus den Tabellen 1 und 2 und aus den Abbildungen der Aufnahme-  
flächen im Anhang ist zu entnehmen, daß diese Veränderung rela-  
tiv rasch und unregelmäßig erfolgte.

Im Stadlmairwald betrug die Vergrößerung der geschädigten Teil-  
flächen für den Zeitraum von Mai bis Oktober zwischen 10,3 und  
23,9 Prozent, davon für Juli bis Oktober 6,5 bis 10,1 Prozent.

Die als schwach und mäßig bezeichneten Erosions-Stadien wiesen  
im saisonalen Verlauf Schwankungen, beziehungsweise Verminde-  
rungen auf, die auf Streufall und Verschwemmung von Nadeln  
zurückzuführen sind.

Teilflächen, die als stark erodiert eingestuft waren, haben  
sich in allen untersuchten Fällen vergrößert.

Im Bestand am Weißenbach wurde von Juli bis Oktober die Vergrö-  
ßerung einer erosionsgeschädigten Teilfläche mit 20,5 Prozent  
bestimmt, während in 3 anderen Teilflächen die Werte zwischen  
2,4 und 5,0 Prozent lagen.

Eine mikroskopische Kontrolle wurde für 16 Stichproben aus  
stark erodierten Mykorrhizaschichten durchgeführt und ergab,  
daß in dem dichten Geflecht von abgestorbenen Feinwurzeln und  
Mykorrhizen vielfach gut erhaltene, abgestorbene Mykorrhizakom-  
plexe vorhanden waren. Nach erkennbarer Farbe und Form des  
Pilzmantels konnten sie bestimmten Mykorrhiza-Typen zugeordnet  
werden. Lebende Mykorrhizen mit turgeszenten Spitzen und er-  
kennbaren Fraßschäden waren vereinzelt in 6 der untersuchten  
Proben vorhanden. Dementsprechend dürften die untersuchten,  
freiliegenden Mykorrhizaschichten erst wenige Wochen oder Mona-  
te zuvor abgestorben sein. Ein längerer Zeitraum hätte voll-  
ständigen Zerfall zur Folge und eine Identifizierung bestimmter  
Mykorrhizotypen wäre nicht möglich.

Eine Regeneration des Mykorrhizabesatzes durch Neubildungen  
wurde in Flächen mit den beschriebenen Erosionsmerkmalen nicht

beobachtet. Auf Grund des saisonalen Trends ist eine Ausweitung dieser Schäden zu befürchten.

Mykorrhiza-Erosionen, deren Entstehung auf die hohe Schädigungsrate der Mykorrhizen und in der Folge auf Verlust ihrer Funktionen zurückzuführen ist, können als Vorstufe für tiefergreifenden Bodenabtrag eine Rolle spielen (Abbildungen 3 und 4). Die Frage, inwieweit Fraßschäden durch Bodennematoden oder Versauerungsvorgänge im Boden als Hauptauslöser dieser Mykorrhiza-Erosionen anzusehen sind, muß noch in weiteren Untersuchungen geklärt werden.

Offensichtlich stellen sie in jedem Fall einen wichtigen Teilprozeß der Degradation des Waldschadensgebietes Gleingraben dar.

#### 4 Zusammenfassung

Die Dynamik der Mykorrhiza-Erosion im Waldschadensgebiet Gleingraben wurde für 2 repräsentative Bestände durch Kartierung entsprechender Schäden auf kleinen Flächen untersucht.

Während der Vegetationsperiode 1990 war eine Vergrößerung der Teilflächen mit einer erodierten, völlig freiliegenden Schicht von Mykorrhizen bis zu etwa 20 % zu verzeichnen. Es wird angenommen, daß die wesentliche Ursache dieser auffallenden Erosionsschäden in der hohen Schädigungsrate der Mykorrhizen liegt und eine Ausweitung der Schäden zu befürchten ist. Mykorrhiza-Erosionen stellen offensichtlich einen wichtigen Teilprozeß der Degradation des Waldschadensgebietes dar.

#### Dank:

Herrn Martin Mair möchte ich für die Mithilfe bei den Geländearbeiten und bei der Auswertung danken.

## 5 Literatur

- DONAUBAUER, E., 1989: Das Walderkrankungssyndrom im Gleinalmgebiet.  
Mitt.d.Forstl. Bundesversuchsanstalt Wien, Nr. 163/I, 5-9.
- GÖBL, F., 1989: Mykorrhiza- und Feinwurzeluntersuchungen im Waldschadensgebiet Gleingraben und Gleinalpe; 1. und 2. Teilbericht.  
Mitt.d.Forstl. Bundesversuchsanstalt Wien, Nr. 163/I, 171-220.
- GÖBL, F., 1990: Mykorrhiza- und Feinwurzeluntersuchungen im Waldschadensgebiet Gleingraben und Gleinalpe; 3. und 4. Teilbericht.  
Mitt.d.Forstl. Bundesversuchsanstalt Wien, Nr. 163/III, 5-38.

**Tabelle 1: Unterschiedliche Stadien von Mykorrhiza - Erosion zu verschiedenen Aufnahme Terminen in Prozent der Untersuchungsfläche im Stadlmairwald**

Aufnahme Nummer	Aufnahmetermin	Mykorrhiza - Erosion			Zunahme der		Zunahme der gesamten Erosion von Mai - Oktober und Juli - Oktober
		schwach	mäßig	stark	starken Erosion von Mai - Oktober und Juli - Oktober		
1	M = 15. Mai	0,00	3,67	5,64	M - O 6,05	M - O 14,30	
	J = 3. Juli	6,14	0,76	7,60	J - O 4,09	J - O 9,11	
	O = 23. Oktober	6,81	5,11	11,69			
2	M	6,52	7,14	9,87	M - O 21,63	M - O 23,96	
	J	12,27	6,25	18,85	J - O 12,65	J - O 10,12	
	O	9,15	6,84	31,50			
3	M	8,20	9,40	42,48	M - O 16,10	M - O 10,29	
	J	9,25	7,65	46,60	J - O 11,99	J - O 6,60	
	O	3,18	8,61	58,58			
4	M	3,13	17,37	43,42	M - O 22,22	M - O 18,65	
	J	7,93	20,38	47,75	J - O 17,99	J - O 6,51	
	O	3,85	12,98	65,74			

**Tabelle 2: Unterschiedliche Stadien von Mykorrhiza - Erosion zu verschiedenen Aufnahmetermen in Prozent der Untersuchungsfläche im Weißenbach**

Aufnahme Nummer	Aufnahmetermin		Mykorrhiza - Erosion		Zunahme der starken Erosion von Juli - Oktober	Zunahme der gesamten Erosion von Juli - Oktober
	J = 3. Juli	O = 23. Oktober	schwach	mäßig stark		
1	J 0	0,20 0,00	0,24 0,00	2,88 5,72	J - O 2,84	J - O 2,40
2	J 0	0,94 0,00	0,00 2,16	11,82 15,68	J - O 3,86	J - O 5,08
3	J 0	1,20 0,00	4,48 3,94	15,76 21,56	J - O 5,80	J - O 4,06
4	J 0	0,24 0,00	3,27 5,81	14,14 32,29	J - O 18,15	J - O 20,45



Abbildung 1: Stadium beginnender Mykorrhiza-Erosion (Stadlmairwald).

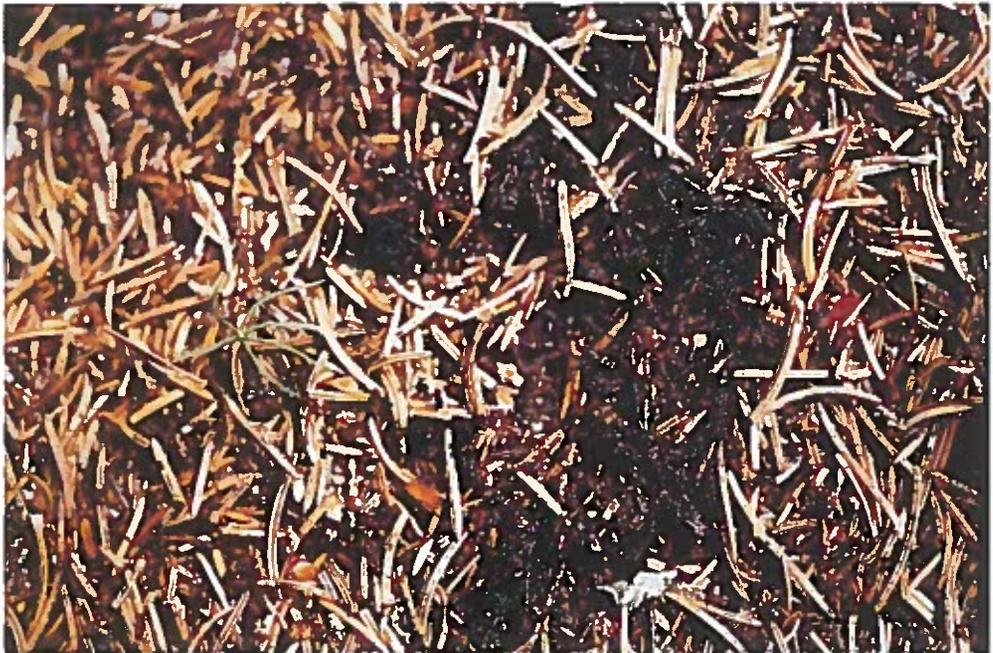


Abbildung 2: Starke Mykorrhiza-Erosion (Stadlmairwald).



Abbildung 3: Flächendeckende Mykorrhiza-Erosion (Bestand am Weißenbach).



Abbildung 4: Folgestadium einer Mykorrhiza-Erosion (Bestand am Weißenbach).

**Anhang:**

Abbildungen der Aufnahme­flächen zur Erfassung der Mykorrhiza­Erosion im Stadlmairwald und in einem Bestand am Weißenbach. Reihung entsprechend Tabelle 1 und 2.



Mykorrhizen zu weniger als 25 % freiliegend



Mykorrhizen zu 25 - 50 % freiliegend

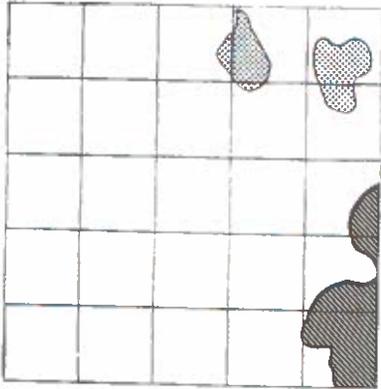


Mykorrhizen zu 50 - 100 % freiliegend

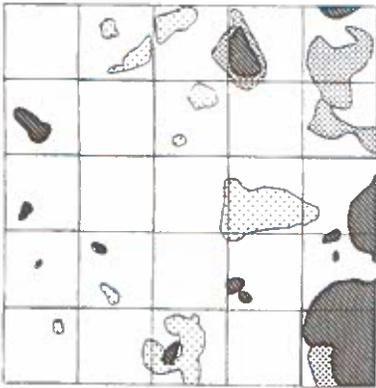


freiliegende Wurzeln

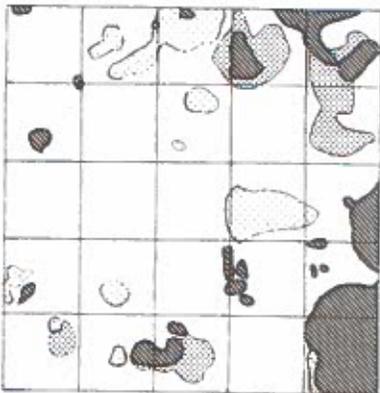
Stadlmairwald, Fläche 1  
(Mai - Juli - Oktober)



M

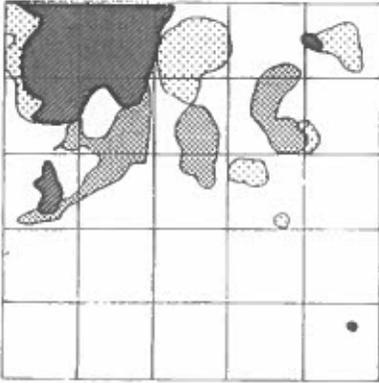


J

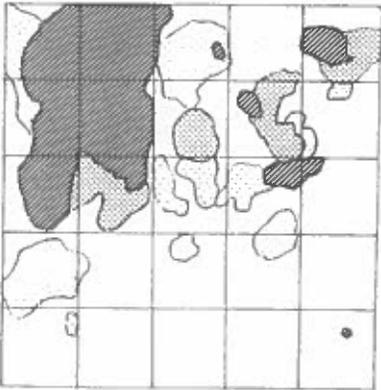


O

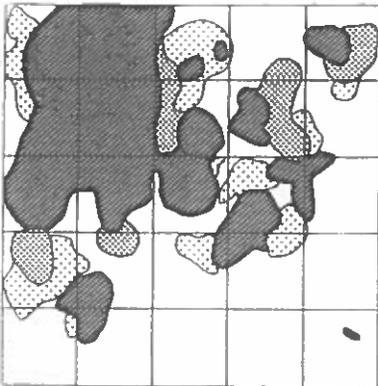
Stadlmairwald, Fläche 2  
(Mai - Juli - Oktober)



M



J

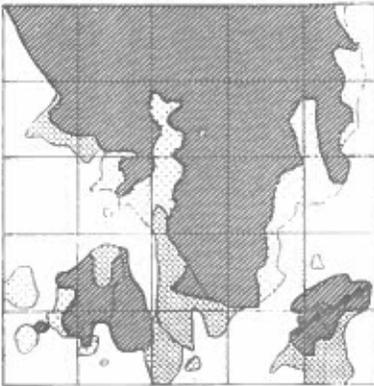


O

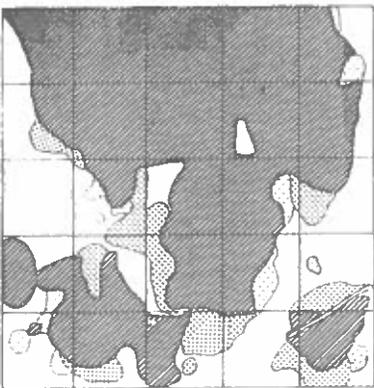
Stadlmairwald, Fläche 3  
(Mai - Juli - Oktober)



M

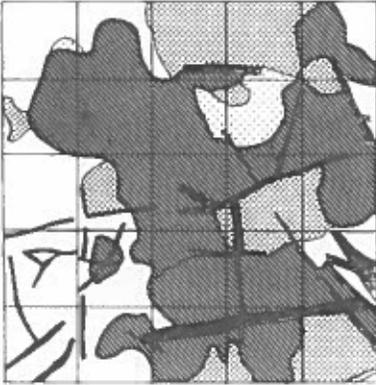


J

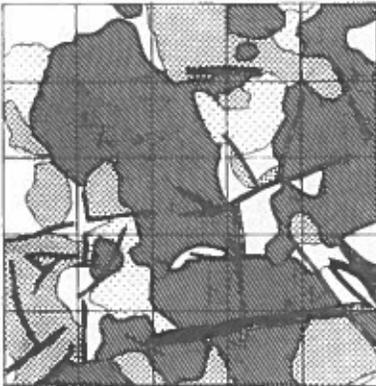


O

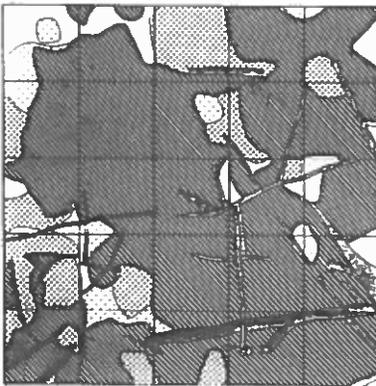
Stadlmairwald, Fläche 4  
(Mai - Juli - Oktober)



M

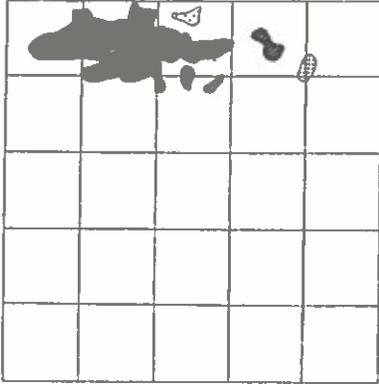


J

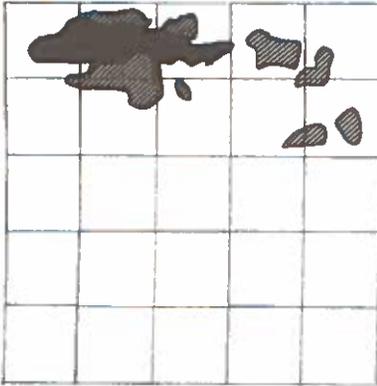


O

Weissenbach, Fläche 1  
(Juli - Oktober)



J

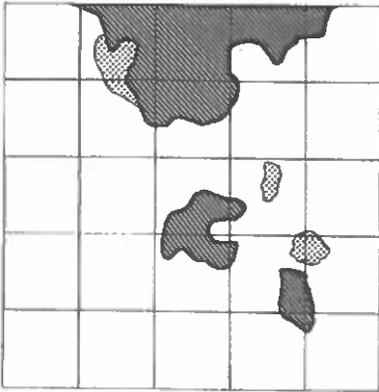


O

Weißenbach, Fläche 2  
(Juli - Oktober)

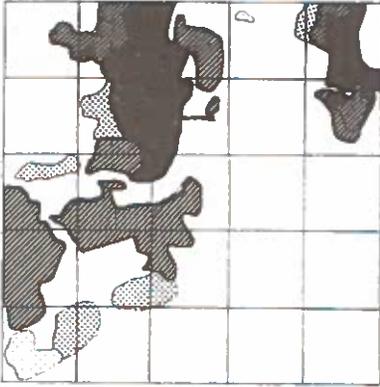


J

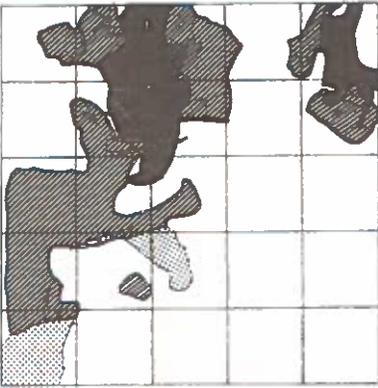


O

Weißenbach, Fläche 3  
(Juli - Oktober)

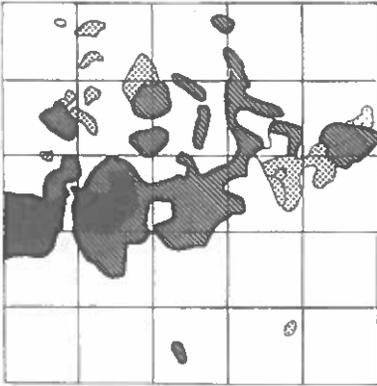


J

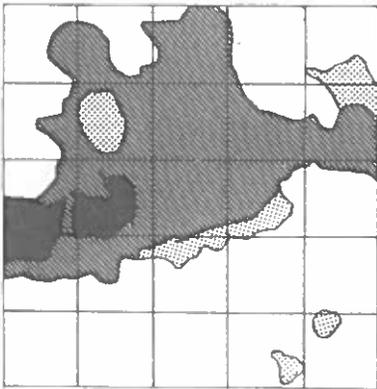


O

Weißenbach, Fläche 4  
(Juli - Oktober)



J



O



# IMMISSIONSMESSUNGEN IM GLEINALMGEBIET

St. Smidt und J. Leitner

## 1 EINLEITUNG

Im Zuge der interdisziplinären Untersuchungen im Gleinalmgebiet wurden die Luftmeßdaten des Österreichischen Bundesinstitutes für Gesundheitswesen und des Amtes der Steiermärkischen Landesregierung (Meßjahre 1985-1987; KELLNER & SPRINZL 1987; AMT DER STEIERMÄRKISCHEN LANDESREGIERUNG 1990), Niederschlagsmeßdaten (Meßjahre 1985-1986) sowie die Ergebnisse der  $\text{SO}_2$ -,  $\text{NO}_x$ - und Ozon-Kerzenmessungen der Forstlichen Bundesversuchsanstalt ausgewertet (SMIDT 1989). Von den gemessenen Komponenten ist in erster Linie das Ozon als möglicher Belastungsfaktor anzunehmen, da  $\text{SO}_2$ , Stickstoffoxide und Ionenkonzentrationen in nassen Niederschlägen bzw. Elementeinträge nachrangige Bedeutung haben, weil sie in sehr geringen Quantitäten vorkommen und aus diesem Grunde als Verursacher der beobachteten Schädigungen (z.B. Nadelvergilbungen) ausscheiden.

Der vorliegende Bericht befaßt sich mit ergänzenden Auswertungen von Luft- und vor allem Ozonmeßdaten der Meßstation Stanglhütte (1000m; SPRINZL & KELLNER 1989) und Vergleichen mit "forstrelevanten" Meßstationen des Amtes der Steiermärkischen Landesregierung. Ferner werden die bis Ende 1990 durchgeführten  $\text{NO}_x$ - und  $\text{O}_3$ -Kerzenmessungen zusammenfassend dargestellt und die früheren Depositionsmeßergebnisse durch die eines weiteren Meßjahres ergänzt.

## 2 UNTERSUCHUNGEN

### 2.1 Meßstellen

Die Meßstellen, Erhebungen und Erhebungszeiträume für die erste Untersuchungsperiode (bis Ende 1987) sind bei SMIDT (1989) an-

geführt. Registrierende  $\text{SO}_2$ -,  $\text{O}_3$ - und  $\text{NO}_x$ -Messungen wurden beim Schutzhaus (1586m) insgesamt von August 1985 bis September 1989 und an der Meßstelle Stanglhütte (1000m) von Mai 1985 bis September 1988 durchgeführt (die Station Schutzhaus liegt ca. 5km östlich der Stanglhütte). Ergebnisse der Messungen an den fünf "forstrelevanten" steiermärkischen Meßstellen Rennfeld (1630m), Gaberl (1547m), Masenberg (1260m), Salberg (1200m) und Hochgößnitz (900m) des Jahres 1990 wurden zu Vergleichszwecken herangezogen. Die integrierenden  $\text{O}_3$ - und  $\text{NO}_x$ -Messungen mit Meßkerzen sind an zwei weiteren Stationen (Stadlmoar/1170m und Rothmairalm/1450m bis Ende 1990 weitergeführt worden. Die Gewinnung der nassen Freilanddepositionen mit einem "Bulk-Sammler" erfolgte 1986 bis Ende 1988 an der Station Stanglhütte.

## 2.2 Beurteilung der Luftmeßdaten

Die Ergebnisse der registrierenden Messungen wurden, soweit dies auf Grund der vorliegenden Daten möglich war, nach folgenden wirkungsbezogenen Grenzwerten beurteilt:

$\text{SO}_2$  2. Verordnung gegen forstschädliche Luftverunreinigungen

Ozon Österreichischen Akademie der Wissenschaften (1989),  
Verein Deutscher Ingenieure (1989),  
Eidgenössisches Departement des Inneren (1987)\*) und

$\text{NO}_2$  Österreichischen Akademie der Wissenschaften (1987).

Die Werte integrierender Messungen wurden nach den bei SMIDT (1989) angeführten Klasseneinteilungen beurteilt.

---

\*) Perzentil-Auswertungen liegen nur für die Meßstelle Stanglhütte vor, wobei jedoch die 97,5-Perzentile (statt der 98-Perzentile der Schweizerischen Luftreinhalteverordnung) berechnet wurden

### 3 ERGEBNISSE

#### 3.1 Registrierende Luftschadstoffmessungen

Die Mittelwerte und Höchstwerte ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) über den jeweiligen gesamten Meßzeitraum sind in Tabelle 1 angegeben.

Tab.1: Mittel- u. Höchstwerte der Luftschadstoffkonzentrationen  
\*) siehe Abschnitt 2.2

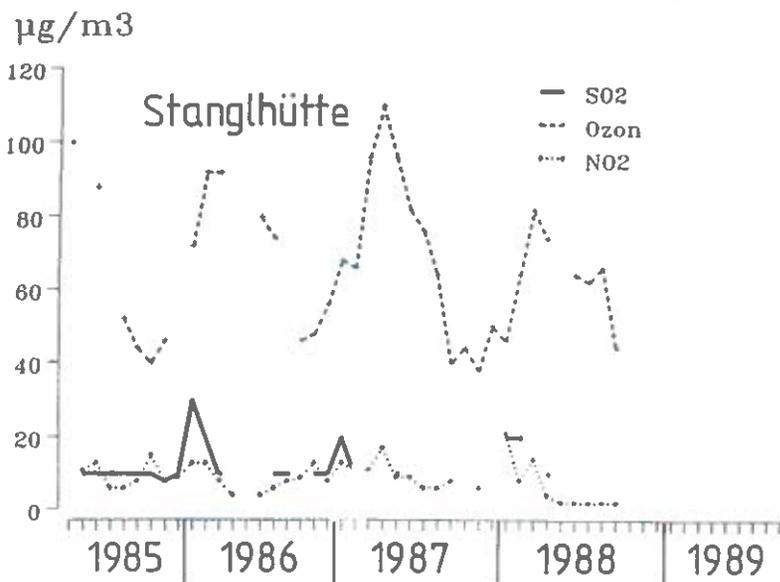
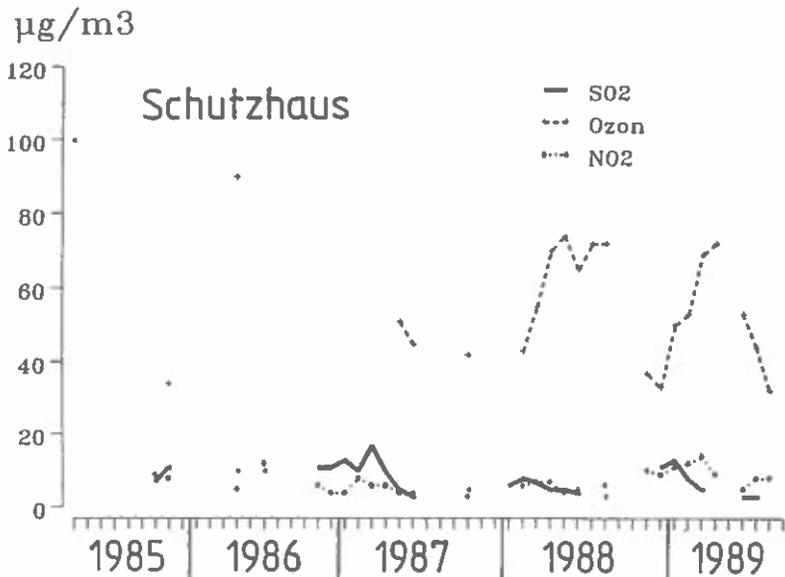
Gas	Meßzeitraum	Anzahl Monate ges. ( $\geq 22\text{d}$ )	MMW von bis ( $\geq 22\text{d}$ )	max. TMW $\mu\text{g}/\text{m}^3$	max. HMW	max. monatl. 97,5- Perzentil	Grenzwert- überschrei- tungen *)
<b>Schutzhaus (1586m)</b>							
SO <sub>2</sub>	08/85-09/89	45 (27)	3- 17	78	132	-	nein
O <sub>3</sub>	08/85-09/89	41 (20)	32- 90	172	251	-	ja *)
NO	08/85-09/89	44 (27)	(1- 10)	40	211	-	-
NO <sub>2</sub>	08/85-09/89	44 (27)	3- 14	29	180	-	nein
<b>Stanglhütte (1000m)</b>							
SO <sub>2</sub>	05/85-09/88	41 (21)	8- 30	70	140	110	nein
O <sub>3</sub>	05/85-09/88	41 (33)	38-110	142	212	182	ja *)
NO	05/85-09/88	40 (37)	1- 14	30	95	-	-
NO <sub>2</sub>	05/85-09/88	40 (37)	2- 21	43	132	-	nein

##### 3.1.1 Schwefeldioxid

Beim Schutzhaus und auf der Stanglhütte waren die SO<sub>2</sub>-Konzentrationen gering; die Grenzwerte der 2. Verordnung gegen forstschädliche Luftverunreinigungen wurden im Untersuchungszeitraum nicht überschritten. Die Monatsmittelwerte ( $\geq 22$  Meßtage; vgl. ÖNORM M 5688) sind in Abbildung 1 wiedergegeben.

Abb.1: Ergebnisse der registrierenden SO<sub>2</sub>-, Ozon- und NO<sub>2</sub>-Messungen

(Monatsmittelwerte mit  $\geq 22$  Meßtagen)



### 3.1.2 Ozon

Wie schon bei SMIDT (1988) aufgezeigt wurde, gab es zwischen den beiden Stationen Schutzhaus und Stanglhütte mitunter große Unterschiede der Ozon-Tages- und Monatsmittel.

An der Station Schutzhaus waren viele Ausfälle zu verzeichnen, sodaß ein Vergleich mit der Station Stanglhütte nur tageweise möglich ist. Der höchste Monatsmittelwert betrug  $90 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , der höchste Halbstundenmittelwert war mit  $251 \mu\text{g}/\text{m}^3$  höher als auf der Stanglhütte.

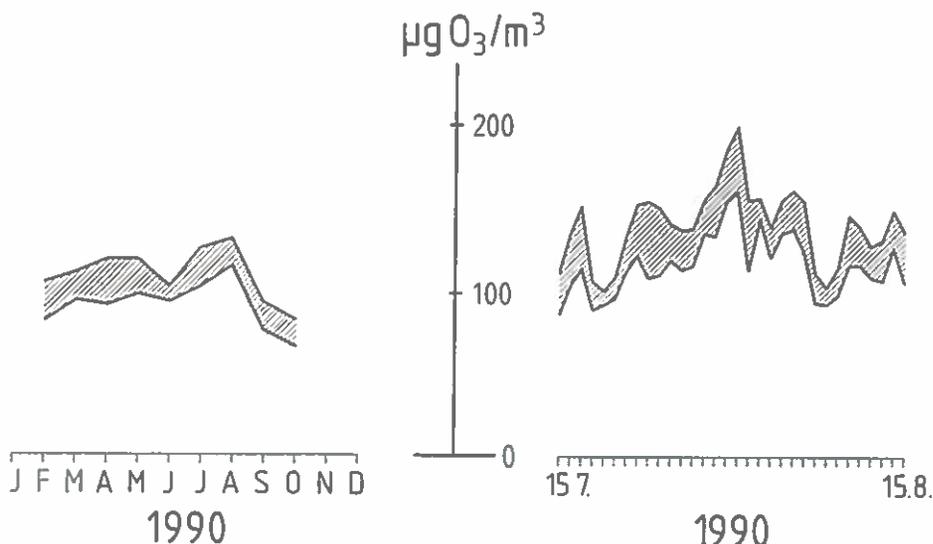
Auf der Stanglhütte lagen die maximalen Halbstundenmittelwerte mit Ausnahme von vier Monaten (Dezember 1985, Januar 1986, November 1987 und Januar 1988) über  $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (höchstes Halbstundenmittel:  $212 \mu\text{g}/\text{m}^3$  im Juli 1985). In den meisten Monaten ergaben sich Überschreitungen des 97,5-Perzentilwertes von  $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (Ausnahmen: Oktober 1985 - Januar 1986, Dezember 1986, Oktober 1987 - Januar 1988). Der VDI-Halbstundenmittelgrenzwert für die "sehr empfindliche" Vegetation ( $300 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) wurde nicht erreicht. Der Vegetationszeit-Grenzwert der Österreichischen Akademie der Wissenschaften ( $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , April bis Oktober, 9.00 bis 16.00 Uhr) wurde in allen Meßjahren überschritten. Die höchsten Halbstundenmittelwerte traten in den Monaten April bis Juli auf. Hinsichtlich der mittleren Ozon-Tagesgänge vgl. SPRINZL u. KELLNER (1989).

Der Vergleich der Monatsmittelwerte (Februar bis Oktober 1990) an den fünf forstrelevanten Meßstellen in der Steiermark zeigt eine relativ kleine Bandbreite (Abbildung 2, links). Auch am Beispiel der österreichweiten Ozonepisode Ende Juli 1990 zeigt sich für diese Meßstellen ein deutlicher gemeinsamer Verlauf der Tagesmittel bei ebenfalls geringer Bandbreite (Abbildung 2, rechts); die Seehöhen der beiden Glein-Meßstellen befinden sich innerhalb der Seehöhenbereiche dieser Meßstellen). Analoge bzw. leicht zeitverschobene Verläufe waren auch an weiteren Meßstellen in Österreich (Talwiese/Tirol/1000m, Schöneben/OÖ./920m und Ostrong/NÖ./570m) festzustellen (AMT DER OBERÖSTERREICHI-

SCHEN LANDESREGIERUNG 1990); sogar an der südbayerischen Bergstation Wank/1776m wurden Spitzenwerte (wenn auch etwas zeitverschoben) gemessen (BAYERISCHES LANDESAMT FÜR UMWELTSCHUTZ 1990). Die gute Übereinstimmung der Ozontagesmittel über weite Gebiete läßt den Schluß zu, daß in der Glein die Ozongehalte in der gleichen Größenordnung zu erwarten sind wie an den 1990 installierten forstrelevanten Meßstellen in der Steiermark.

Abb.2: Bandbreite von Ozonmeßdaten an 5 forstrelevanten Meßstellen in der Steiermark 1990

links: Monatsmittelwerte 1990  
rechts: Tagesmittelwerte 15.7. bis 15.8.1990 während einer bundesweiten Ozonepisode



### 3.1.3 Stickstoffoxide

Die  $\text{NO}$ - und  $\text{NO}_2$ -Konzentrationen an beiden Stationen können als gering bezeichnet werden. Überschreitungen der  $\text{NO}_2$ -Grenzwerte der Österreichischen Akademie der Wissenschaften und der Schweizerischen Luftreinhalte-Verordnung wurden nicht festgestellt.

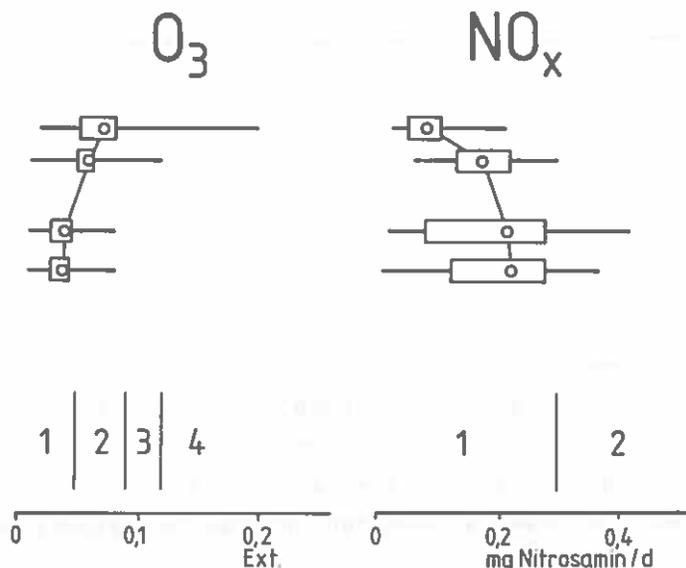
Am Schutzhaus war der maximale Halbstundenmittelwert im November und Dezember 1985 mit 100 bzw. 180  $\mu\text{g NO}_2/\text{m}^3$  am höchsten. Auf der Stanglhütte war der maximale Halbstundenmittelwert im Januar 1986 relativ hoch (132  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Die Auswertung nach Werk- und Feiertagen ergab nach SPRINZL u. KELLNER (1989) keine deutliche Tendenz, die auf KFZ-Einflüsse aus dem Tourismus schließen ließe.

### 3.2 Messungen mit integrierenden Meßkerzen

Höhenverlauf: Abbildung 3 zeigt anhand der Mittelwerte und der Bandbreiten der Jahres- und Periodenmittel die Abnahme der  $\text{NO}_x$ -Werte und die leichte Zunahme der  $\text{O}_3$ -Werte mit ansteigender Seehöhe. Analoge Beobachtungen für  $\text{O}_3$  und  $\text{NO}_x$  wurden auch an anderen Höhenprofilen (Höhenprofile Zillertal und Deutschlandsberg) gemacht.

Abb.3: Ergebnisse der integrierenden Ozon- und  $\text{NO}_x$ -Messungen

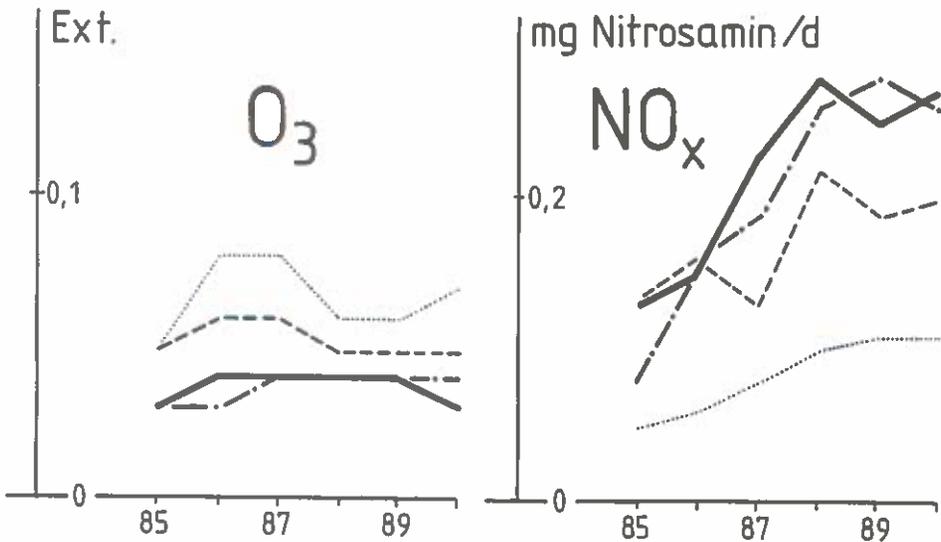
Mittelwerte (Kreise), Bandbreite der Jahresmittel (Balken) und der Periodenmittel (Striche) in Abhängigkeit von der Seehöhe



Zeitlicher Verlauf: Beim Ozon gab es keine deutliche Entwicklung, aber relativ hohe Werte 1986 und 1987, beim NO<sub>x</sub> eine deutlich zunehmende Tendenz an allen vier Stationen zwischen 1985 und 1988 (Abbildung 4).

Abb.4: Ergebnisse der integrierenden Ozon- und NO<sub>x</sub>-Messungen

Zeitlicher Verlauf der integrierenden O<sub>3</sub>- und NO<sub>x</sub>-Jahresmittel



Klassenbesetzungen: Tabelle 2 zeigt die Summen der Prozentanteile, innerhalb derer Schädigungen auftreten können (in der Klasse 2 bei mehrmaliger Wiederholung während der Vegetationsperiode, in den höheren Klassen bereits bei einmaliger Besetzung) über den jeweils gesamten Untersuchungszeitraum.

Tab.2: Summen der Prozentanteile der Periodenwerte in den Klassen 2-4

Station	Seehöhe	O3	NOx
Schutzhaus	1586m	74	0
Rothmairalm	1450m	47	2
Stadlmoar	1170m	19	17
Stanglhütte	1000m	25	16

### 3.3 Niederschlagsmessungen (nasse Depositionen)

Die noch bis 1988 weitergeführten Freiland-Depositionsmessungen (vgl. Tabelle 3) ergaben im Vergleich zu den beiden ersten Meßjahren analoge Ergebnisse.

**Ionenkonzentrationen:** Die Jahreswerte der Leitfähigkeiten lagen mit einer Bandbreite zwischen 17,9 und 18,7  $\mu\text{S}/\text{cm}$  geringfügig über dem "Backgroundlevel" von 15  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Mit Ausnahme von Sulfat (Jahresmittel bis 3,1  $\text{mg SO}_4/\text{l}$ ) und Nitrat (Jahresmittel bis 1,8  $\text{mg NO}_3/\text{l}$ ) wiesen die Ionengehalte Werte unter 1,0  $\text{mg}/\text{l}$  auf. Der Vergleich der Jahreswerte mit Ergebnissen aus dem österreichischen Bundesgebiet ergab, daß die pH-, Sulfat- und Nitratwerte relativ niedrig waren (SMIDT 1991). Bei den Monatswerten traten die höchsten Konzentrationen beim Sulfat (0,8 bis 9,6  $\text{mg SO}_4/\text{l}$ ) und Nitrat (0,6 bis 11,1  $\text{mg NO}_3/\text{l}$ ) auf. Die pH-Werte lagen zwischen 4,29 und 6,35 und die Leitfähigkeiten zwischen 8,1 und 80,9  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

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

Jahr	mm	pH	El.LF $\mu\text{S}/\text{cm}$	SO <sub>4</sub> -	NO <sub>3</sub> -	Cl-	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	
				-----				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	
1988	892	4,77	18,1	3,1	1,4	0,4	0,8	0,7	0,2	0,5	0,3	

Die gemittelten Jahresgänge der Ionenkonzentrationen ergaben für die Meßstelle Stanglhütte in Übereinstimmung mit weiteren Hintergrundmeßstationen ein Maximum jeweils im zweiten Quartal (April bis Juni; vgl. Abbildung 5 oben und SMIDT 1991).

**Jahreseinträge:** Die Jahressummen der Wasserstoff-, Sulfatschwefel- und Gesamtstickstoffeinträge (Summe aus Nitrat- und Ammoniumstickstoff) sind in Tabelle 4 angeführt; die Werte sind im Vergleich zu anderen österreichischen Meßstellen als gering zu bezeichnen: sie betragen beim Wasserstoff bis 0,23 kg H/ha, beim Sulfatschwefel bis 9,2 kg S/ha und beim Stickstoff bis 8,0 kg N/ha (beim Schwefel- und Stickstoffeintrag war eine Zunahme in den drei Meßjahren festzustellen). Bei den H-Einträgen wurden im 3. Quartal, bei den S- und N-Einträgen im 2. Quartal im 3-Jahresmittel die höchsten Quantitäten eingetragen (Abbildung 5 unten).

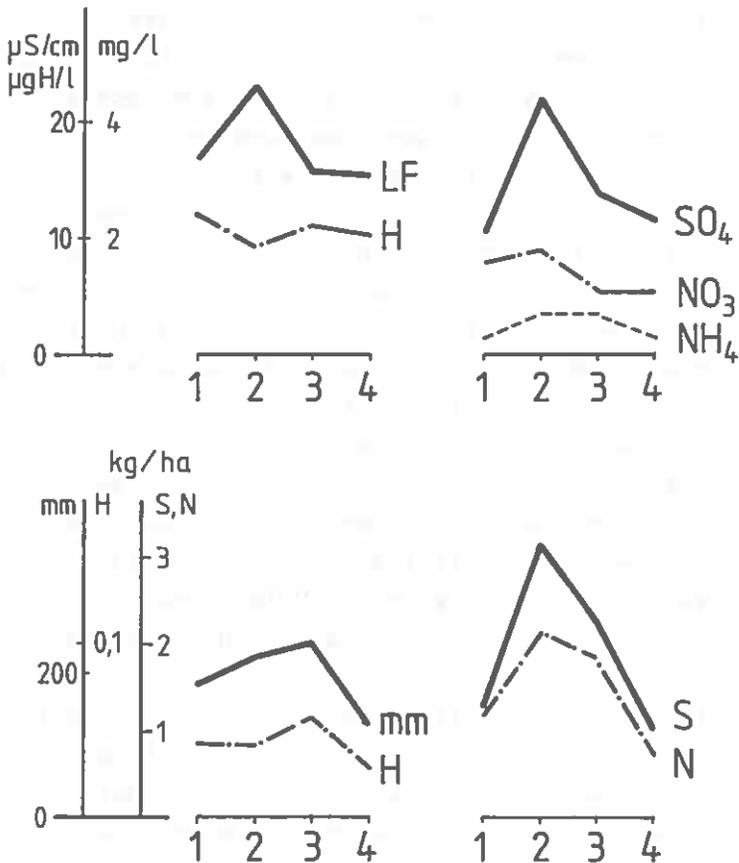
Tab.4: Jährliche Elementeinträge

Monats- und Jahressummen der Sulfatschwefel-, Nitratstickstoff- und Gesamtstickstoff ( $\text{NO}_3^-$ - 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
1988	0,14	9,2	8,0

Abb.5: Ergebnisse der Depositionsmessungen

Mittlere Leitfähigkeiten und Ionen-Konzentrationen sowie Niederschlagshöhen und H-, S- und N-Einträge in den einzelnen Quartalen (Mittelwerte 1986-1988)



#### 4 DISKUSSION

Die Ergebnisse der registrierenden SO<sub>2</sub>- und NO<sub>2</sub>-Messungen, die keine Überschreitungen wirkungsbezogener Grenzwerte ergaben, weisen auf keine direkte Schädigung der Einzelkomponenten während der Meßperiode hin. Die Luftanalysen stehen aber insofern mit Nadelanalysen aus dem Untersuchungsgebiet in Widerspruch, als auf Grund der Nadelanalysendaten geringe SO<sub>2</sub>-Einwirkungen vor allem in Seehöhen über 1300m festgestellt wurden

(STEFAN 1989). Unter den gemessenen Spurenstoffen hat unzweifelhaft das Ozon die größte Bedeutung als Schad(ko)faktor: Konzentrationen, oberhalb welcher mit physiologischen Beeinflussungen von empfindlichen Pflanzen zu rechnen ist ( $\geq 100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), traten an beiden Stationen in fast allen Meßmonaten auf. Auf der Basis der Blattempfindlichkeit wäre gemäß VDI-Richtlinie 2310 die "sehr empfindliche" Europäische Lärche zumindest im Sommerhalbjahr gefährdet, da die  $80\text{-}\mu\text{g}/\text{m}^3$ -Schwelle (8-Stundenwert) bereits vom Tages- und zum Teil von Monatsmitteln überschritten wird (der aktuelle Deckungsanteil der Lärche beträgt im Untersuchungsgebiet 11%); auch die "empfindliche" Gemeine Kiefer wäre in Mitleidenschaft gezogen. 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 Kurzzeitkonzentrationen, für sie ist der Grenzwert mit  $300 \mu\text{g}/\text{m}^3$  sehr hoch angesetzt. Auf der Basis der Beeinträchtigung der Photosyntheseaktivität wären Nadelbäume mit Ausnahme der sommergrünen Lärche relativ wenig empfindlich, sommergrüne Laubbäume mittelempfindlich und landwirtschaftliche Pflanzen relativ empfindlich (REICH 1987); die Fichte zeigte im Freilandversuch auch bei Beaufschlagung der Umgebungsluft mit 60 und  $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$  keine signifikante Reduzierung der Photosyntheserate und erwies sich somit als wenig ozonempfindlich (WIESER & HAVRANEK 1990). Die im Untersuchungsgebiet beobachteten Forstschäden (Vergilbungen bei Fichten etc.) können deshalb auf Grund der bisher vorliegenden Erkenntnisse durch die Ozonkonzentrationen allein nicht erklärt werden.

Die Ionenkonzentrationen in nassen Depositionen und die Elementeinträge können insgesamt als relativ gering bezeichnet werden (SMIDT 1991). Saisonal sind insgesamt unterschiedliche Belastungen zu erwarten, da vor allem (wie beim Ozon) im Frühjahr und Sommer die höchsten Konzentrationen auftreten.

## 5 ZUSAMMENFASSUNG

Die den Auswertungen zugrundeliegenden Luft- und Niederschlagsanalysen zeigen, daß im Gleinalmgebiet im Untersuchungszeitraum (1985 bis 1987) als Belastungsfaktor nach wie vor am ehesten Ozon als Leitkomponente photochemischer Luftverunreinigungen anzusehen ist: es traten in den Frühjahrs- und Sommermonaten Konzentrationen auf, die gemäß VDI-Richtlinie 2310 für "sehr empfindliche" Pflanzen (Europäische Lärche, Eberesche) gefährdend wirken können. Schwefeldioxid, Stickstoffoxide und nasse Freilanddepositionen scheiden als Verursacher der beobachteten Schäden aus, da vergleichsweise geringe Schadstoffkonzentrationen bzw. -einträge ermittelt wurden. Allerdings sind Kombinationswirkungen verschiedener Schadstoffe untereinander oder mit anderen Stressoren nicht auszuschließen. Die vorliegenden Immissionsdaten können die Symptome im Gleinalmgebiet bzw. auch das Absterben von Einzelbäumen oder Baumgruppen nicht erklären.

## 6 LITERATUR

- AMT DER OBERÖSTERREICHISCHEN LANDESREGIERUNG (1990): Luftgüteüberwachung, Monatsberichte.
- AMT DER STEIERMÄRKISCHEN LANDESREGIERUNG (1990): Luftgüteüberwachung, Monatsberichte.
- BAYERISCHES LANDESAMT FÜR UMWELTSCHUTZ (1990): Lufthygienische Monatsberichte.
- EIDGENÖSSISCHES DEPARTEMENT DES INNEREN (1985): Luftreinhalteverordnung.
- KELLNER K., G. SPRINZL (1987): Immissionsmessung in Glein vom 25.5.-31.12.1986, Zusammenfassung.- Österreichisches Bundesinstitut für Gesundheitswesen.
- ÖNORM M 5866 (1990): Luftreinhaltung - Bildung und Auswertung von Immissionsmeßdaten.
- ÖSTERREICHISCHE AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN (1987): Stickstoffoxide in der Atmosphäre. Luftqualitätskriterien NO<sub>2</sub>.
- ÖSTERREICHISCHE AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN (1989): Luftqualitätskriterium Ozon.
- REICH P.B. (1987): Quantifying plant response to ozone: a unifying theory.- Tree Physiology 3, 63-91.
- SMIDT S. (1989): Immissionsmessungen im Gleinalmgebiet.- Mitteilungen der Forstlichen Bundesversuchsanstalt, 163. Heft, 225-263.
- SMIDT S. (1991): Messungen nasser Freilanddepositionen der Forstlichen Bundesversuchsanstalt.- FBVA-Berichte Nr. 50.
- SPRINZL G., K. KELLNER (1989): Immissionsmessung in Glein vom 25.5.-30.9.1988, Zusammenfassung.- Österreichisches Bundesinstitut für Gesundheitswesen.
- STEFAN K. (1989): Ergebnisse chemischer Nadelanalysen im Untersuchungsgebiet Glein.- Mitt. Forstl. Bundesversuchsanstalt 163/2, 289-340.
- VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE (1987): Maximale Immissions-Konzentrationen für Ozon, VDI 2310, Blatt 6, Entwurf.
- WIESER G., W.M. HAVRANEK (1990): The influence of different ozone concentrations on the gas exchange of Norway spruce in the field.- Proc. Kongreß Waldschadensforschung, Friedrichshafen, Okt. 2-6. Tagungsband, im Druck.
- Zweite Verordnung gegen forstschädliche Luftverunreinigungen, BGBl. Nr. 199/1984.

# ZUR NÄHRELEMENTVERSORGUNG DER FICHTENNADELN VON GEDÜNGTEN UND UNGEDÜNGTEN BÄUMEN IM GLEINALMGEBIET

Klaus Stefan

## 1 Einleitung

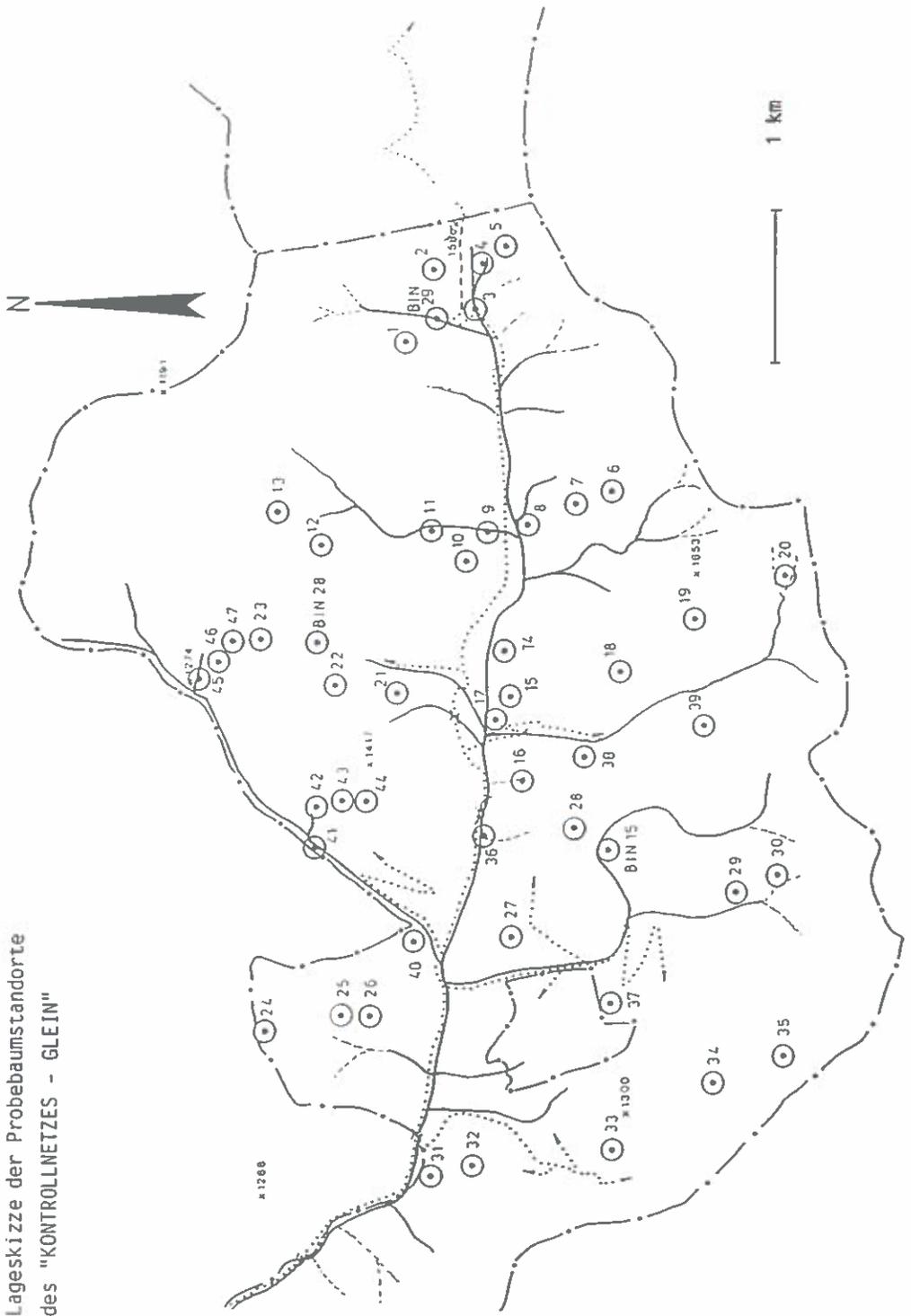
Im Rahmen der Untersuchungen zur Feststellung der Schadensursachen im Gleingraben wurden ab 1985 chemische Nadelanalysen für die Beurteilung der Nährelementsituation durchgeführt, da das Schadensbild (DONAUBAUER 1989) - Vergilbung der älteren Nadeljahrgänge und Verlichtung der Kronen - dem von mehreren Gebieten in der BRD gleich und eine Störung im Nährstoffhaushalt zu vermuten war (BOSCH et al. 1983, HÜTTL 1987, REEMTSMA 1986, REHFUESS 1983, ZECH und POPP 1983, ZÖTTL 1987, ZÖTTL und MIES 1983, ZÖTTL und HÜTTL 1985).

Im Untersuchungsgebiet Gleingraben wurde deshalb 1985 ein 32 Prohebäume umfassendes "Kontrollnetz", das 1986 auf 47 Prohebäume erweitert wurde, eingerichtet, um für das Schadensgebiet differenzierte Aussagen hinsichtlich Nährelementversorgung treffen zu können (siehe Abbildung). Auf Grund der relativ geringen Distanz zu Gebieten mit Immissionsschäden wurde auch noch die Möglichkeit von Immissionseinwirkungen durch die Bestimmung der Schwefelgehalte in den Nadeln geprüft.

Über die Ergebnisse des Kontrollnetzes in den ersten Untersuchungsjahren und die Resultate von Düngungsmaßnahmen in den Jahren 1986 und 1987 wurde bereits berichtet (KILIAN 1989, STEFAN 1989).

Im Zusammenhang mit den Untersuchungen der Schäden im Gleingraben erfolgte auch bereits eine umfangreiche Dokumentation der Waldgeschichte, des Klimas, der Geologie, der Bodenparameter inklusive anthropogener Einwirkungen sowie vegetationskundlicher Erhebungen (KARRER 1989, MAJER 1989a, MAJER 1989b, MAJER et al. 1989), die als Basis für die Feststellung der Schadensursache angesehen werden können und darüber hinaus auch die unterschiedlichen Standortsverhältnisse im Gleingraben aufzuzeigen vermochten.

Lageskizze der Probebaumstandorte  
des "KONTROLLNETZES - GLEIN"



Im Gegensatz zu anderen Schadensgebieten, wo vor allem eine extrem mangelhafte Magnesiumversorgung als Ursache der Nadelvergilbungen und in weiterer Folge der Nadelverluste festgestellt wurde, war im Gleingraben nach den chemischen Nadelanalysedaten eine nicht ausreichende bzw. mangelhafte Kalium- und Stickstoffversorgung als Ursache für die Vergilbungen anzunehmen. Von den verschiedenen Düngungsversuchen führten nur die kleinflächig angelegten Bodendüngungsversuche zu Verbesserungen der Nährelementversorgung, während dies auf die großflächig vorgenommenen aviotechnischen Düngungen mit Blattdüngern nach den nadelanalytischen Resultaten zumindest bis 1987 nicht zutraf. Im vorliegenden Beitrag werden die weitere Entwicklung der Nährelementversorgung im Untersuchungsgebiet an Hand der Daten von ungedüngten Probebäumen des Kontrollnetzes, die Nährelementversorgung von bereits 1986 bzw. 1987 mit Blattdüngern behandelten Probebäumen und die Ergebnisse von zwei weiteren Bodendüngungsversuchen im Jahre 1989 behandelt.

## **2 Probengewinnung, Analyseverfahren und Datenbeurteilung**

Die Gewinnung der Astproben für die chemischen Nadelanalysen wurde durch die Fachabteilung für das Forstwesen des Amtes der steiermärkischen Landesregierung gemäß den Bestimmungen der 2. Verordnung gegen forstschädliche Luftverunreinigungen jeweils im Herbst vorgenommen.

Die Stickstoffgehalte der Nadelproben wurden maßanalytisch nach Kjeldahlaufschluß bestimmt, die übrigen Hauptnährelemente aus nassen Aufschlüssen mit Hilfe der Atom-Absorptions-Spektralanalyse bzw. photometrisch. Die Schwefelbestimmungen erfolgten mit Schwefelanalysatoren LECO SC 132, wobei die Geräteparameter so gewählt wurden, daß die Vergleichbarkeit mit den Grenzwerten der 2. Verordnung gewährleistet ist.

Für die Beurteilung der Nährstoffversorgung an Hand der chemischen Nadelanalysedaten des Nadeljahrganges 1 (im Entnahmehjahr gebildet) wurden die in Tabelle 1 angeführten Werte (GUSSONE 1964) herangezogen.

Tabelle 1: Beurteilungswerte der Nährelementversorgung (Nadeljahrgang 1)

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

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

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

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

\*Grenzwerte der zweiten Verordnung gegen forstschädliche Luftverunreinigungen

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

Gesamt- klassifikation	Summe der Klassenwerte der NJ 1 + 2
1	2
2	3 und 4
3	5 und 6
4	7 und 8

### 3 Ergebnisse und Besprechung

#### 3.1 Kontrollnetz Glein

##### 3.1.1 Probenmaterial

Das 1985 eingerichtete Kontrollnetz umfaßte im ersten Untersuchungsjahr 32 Probebäume und wurde 1986 auf 47 Probebäume ausgedehnt. Für einen Vergleich der Analysenergebnisse der Jahre 1985 bis 1989 stehen die Werte von 21 Probebäumen ("Netz 85") und für die Jahre 1986 bis 1989 die von 33 Probebäumen ("Netz 86") zur Verfügung. Von den 21 Probebäumen des "Netzes 85" blieben 15 und von den 33 Probebäumen des "Netzes 86" 20 unge düngt.

Von den 13 gedüngten Probebäumen entfallen 8 auf die WUXAL-Düngungen (4 Bäume WUXAL-Düngung 1986; 4 Bäume WUXAL-Düngung 1986 und 1987) und 5 Bäume auf fünf weitere Düngungsvarianten (Harnstoff 1986, Harnstoff + Wuxal 1986/87, Nitramoncal 1986, Fattinger Blattdünger 1987, BASF-Blattdünger 1987).

Um trotz der geringen Probebaumzahl bei den einzelnen Behandlungsvarianten verbesserte Informationen über die Nährelementversorgung beziehungsweise über Störungen des nadeljahrgangsweisen Verlaufs der Nährelementgehalte und die Wirksamkeit der ab 1986 vorgenommenen Düngungsmaßnahmen zu erhalten, wurden die Gehalte der Hauptnährelemente N, P, K, Ca und Mg nicht nur im Nadeljahrgang 1, sondern auch im Nadeljahrgang 2 analysiert. Die Einzelwerte der Probebäume des Kontrollnetzes in den Jahren 1985 oder 1986 bis 1989 beziehungsweise das Probebaumalter und die Seehöhe der Probepunkte sowie die an den einzelnen Probepunkten ausgebrachten Düngerarten sind im Anhang ausgewiesen.

##### 3.1.2 Kontrollnetz - Schwefelimmisionseinwirkungen

Da von der Entnahme 1985 nur die Schwefeldaten des Nadeljahrganges 1 vorliegen, bezieht sich der Vergleich der Ergebnisse von 1985 bis 1989 beim "Netz 85" nur auf den jüngsten Nadeljahrgang. Wie aus Tabelle 4 zu ersehen ist, kam es nach dem Absinken des Mittelwertes von 1985 bis 1987 im darauffolgenden

**Tabelle 4: Glein - KONTROLLNETZ ("Netz 85")**

Bereiche und Mittelwerte der Schwefelgehalte der von 1985 bis 1989 bearbeiteten Probebäume (n=22) im Nadeljahrgang 1 und Häufigkeitsverteilung der Schwefelwerte des Nadeljahrganges 1 nach Klassen

	% S		Klasse (NJ 1)			
	Nadeljahrgang 1		1	2	3	4
1985	0.08 - 0.12	0.099	1	20	1	-
1986	0.07 - 0.12	0.098	4	14	4	-
1987	0.08 - 0.14	0.095	6	14	2	-
1988	0.09 - 0.14	0.107	-	18	4	-
1989	0.08 - 0.14	0.101	2	19	1	-

**Tabelle 5: Glein - KONTROLLNETZ ("Netz 86")**

Bereiche und Mittelwerte der Schwefelgehalte im Nadeljahrgang 1 und 2 der von 1986 bis 1989 bearbeiteten Probebäume (n = 35)

	Nadeljahrgang 1		Nadeljahrgang 2	
1986	0.07 - 0.12	0.099	0.06 - 0.14	0.098
1987	0.08 - 0.15	0.098	0.07 - 0.15	0.100
1988	0.08 - 0.17	0.107	0.08 - 0.18	0.112
1989	0.08 - 0.14	0.102	0.08 - 0.14	0.110

**Tabelle 6: Glein - KONTROLLNETZ ("Netz 86")**

Häufigkeitsverteilungen der Schwefelgehalte nach Klassen (Gesamtklassifikation NJ 1 + 2) der von 1986 bis 1989 bearbeiteten Probebäume (n = 35)

	Gesamtklassifikation			
	1	2	3	4
1986	4	25	6	-
1987	8	23	4	-
1988	1	29	5	-
1989	3	29	3	-

Jahr zu einem deutlichen Anstieg, wodurch im Verlauf der fünf Untersuchungsjahre der höchste Wert erreicht wurde; 1989 kam es wieder zu einer Abnahme des mittleren Schwefelgehaltes, aber auch der Mittelwert des Jahres 1989 lag noch über denen der ersten drei Untersuchungsjahre. Bei den Maximalwerten kam es in den Jahren 1988 und 1989 dagegen zu keinen Anstiegen: die identen Maximalwerte der Jahre 1988 und 1989 waren gleich hoch wie der Maximalwert des Jahres 1987.

Der Anstieg des Schwefel-Mittelwertes im Jahre 1988 spiegelt sich auch in den Klassifikationsergebnissen nach Tabelle 2 wieder. Ebenso wie bereits 1986 wiesen auch 1988 vier der 22 Probestämme Grenzwertüberschreitungen (Klasse 3) auf, im Gegensatz zu 1986 wies aber kein Probebaum die Klasse 1 auf, bei der nach den Ergebnissen chemischer Nadelanalysen Schwefel-Immissionswirkungen auszuschließen sind. Das Klassifikationsergebnis 1989 mit nur einer Grenzwertüberschreitung entsprach in puncto Zahl von Grenzwertüberschreitungen wieder dem des Jahres 1985.

Beim "Netz 86" lagen die Mittelwerte des Nadeljahrganges 1 und 2 in den Jahren 1988 und 1989 über denen der zwei vorangegangenen Jahre. Im Gegensatz zum "Netz 85" kam es beim "Netz 86" außerdem auch noch 1988 zu einem deutlichen Anstieg der Maximalwerte bei beiden Nadeljahrgängen (siehe Tabelle 5).

Der deutliche Anstieg der Nadeljahrgangsmittelwerte von 1987 auf 1988 bewirkte bei der Gesamtklassifikation der Schwefelwerte nach Tabelle 2 und 3 nur eine deutliche Abnahme der Zahl von Punkten mit der Gesamtklassifikation 1, während 1988 nur ein Probebaum mehr als 1987 Grenzwertüberschreitungen aufwies (Tabelle 6).

Wenn man für den Vergleich der Einzeljahre nicht nur die Grenzwertüberschreitungen (Gesamtklassifikation 3), sondern auch die Punkteanteile mit den Gesamtklassifikationen 1 oder 2 heranzieht und aus den Häufigkeitsverteilungen der Gesamtklassifikationen gewichtete Mittel errechnet, dann stellt das Ergebnis des Jahres 1988 das ungünstigste Ergebnis dar, während das Ergebnis des Jahres 1987 (trotz mehr Grenzwertüberschreitungen als im Jahre 1989) auf Grund des hohen Probebaumanteils mit der

Gesamtklassifikation 1 das deutlich beste Ergebnis hinsichtlich Schwefel-Immissionseinwirkungen beim "Netz 86" darstellt. Verwendet man für die Charakterisierung der zeitlichen Entwicklung der Schwefel-Immissionseinwirkungen gleitende 2-Jahresmittel der gewichteten Jahresmittel, dann ergibt sich beim "Netz 86" eine leicht steigende Tendenz zu höheren Schwefelgehalten, wodurch die Zahl von Grenzwertüberschreitungen aber nicht betroffen war, sondern gesamtheitlich über die vier Untersuchungsjahre betrachtet sogar eine leicht fallende Tendenz aufwies.

### 3.1.3 Kontrollnetz-Nährelementversorgung der ungedüngten Probebäume

#### 3.1.3.1 "Netz 85"

##### 3.1.3.1.1 Nährelementgehalte

Wie aus Tabelle 7, in der die Bereiche und Mittelwerte der Nährelementgehalte in den Jahren 1985 bis 1989 für die 15 Probebäume ausgewiesen sind, zu ersehen ist, zeichnet sich hinsichtlich der Versorgung mit Stickstoff keine Verbesserung ab. Nach der starken Abnahme des mittleren Stickstoffgehaltes von 1986 auf 1987 folgte im Jahre 1988 zwar eine Zunahme, der aber 1989 wieder eine deutliche Abnahme folgte.

Bei den Phosphor-Mittelwerten kam es von 1985 bis 1989 zu einem ähnlichen Verlauf wie bei den Stickstoffwerten, nämlich zu einer Abnahme von 1986 auf 1987, einer starken Zunahme von 1987 auf 1988 (wodurch der höchste Wert im Verlauf der fünf Jahre erreicht wurde), der wieder eine sehr deutliche Abnahme folgte.

Nach den Kalium-Mittelwerten deutet sich von 1985 bis 1989 eine Verbesserung der Versorgung an. Nachdem bereits die Werte der Jahre 1986 und 1987 deutlich über dem Tiefstwert von 1985 gelegen waren, kam es in den Jahren 1988 und 1989 gegenüber den vorangegangenen Untersuchungsjahren noch zu einem weiteren Anstieg.

Die Calciummittelwerte sanken in den ersten Untersuchungsjahren bis 1987 ständig, um dann in den letzten zwei Untersuchungsjahren in etwa wieder das Niveau von 1986 zu erreichen.

**Tabelle 7: Glein - KONTROLLNETZ ("Netz 85")**  
 Bereiche und Mittelwerte der Nährelementgehalte der von 1985 bis 1989 bearbeiteten ungedüngten Probestämme im Nadeljahrgang 1 (n = 15)

Jahr	% N	% P	% K	% Ca	% Mg
1985	0.98-1.48 1.291	0.13-0.22 0.174	0.23-0.78 0.386	0.20-0.56 0.355	0.08-0.28 0.126
1986	1.10-1.52 1.325	0.13-0.22 0.177	0.32-0.80 0.449	0.16-0.48 0.308	0.08-0.22 0.131
1987	1.01-1.49 1.210	0.12-0.20 0.161	0.28-0.67 0.425	0.12-0.37 0.211	0.07-0.17 0.114
1988	0.99-1.63 1.307	0.13-0.23 0.187	0.24-0.78 0.476	0.18-0.59 0.326	0.09-0.17 0.130
1989	1.07-1.44 1.235	0.14-0.22 0.172	0.32-0.78 0.470	0.19-0.48 0.312	0.08-0.19 0.115

**Tabelle 8: Glein - KONTROLLNETZ ("Netz 85")**  
 Häufigkeitsverteilung der Nährelementgehalte im Nadeljahrgang 1 nach den in Tabelle 1 angeführten Klassen der ungedüngten Probestämme (n=15) von 1985 bis 1989 (1: Mangel; 2: nicht ausreichend; 3: ausreichend)

Jahr	% N			% P			% K			% Ca			% Mg		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1985	8	7	-	-	2	13	3	10	2	-	9	6	-	10	5
1986	8	6	1	-	1	14	2	7	6	-	11	4	-	6	9
1987	12	3	-	-	4	11	3	6	6	-	14	1	1	9	5
1988	8	6	1	-	1	14	2	5	6	-	12	3	-	7	8
1989	12	3	-	-	-	15	2	6	7	-	12	3	-	9	6

Ebenso wie bei Stickstoff, Phosphor und Calcium lag auch der Mittelwert von Magnesium 1987 am tiefsten; analog zum Stickstoff kam es bei Magnesium von 1988 auf 1989 wieder zu einer starken Abnahme des Mittelwertes, wodurch der Tiefstwert von 1987 fast erreicht wurde.

### 3.1.3.1.2 Beurteilung der Nährelementgehalte (Klassifikation)

Der Verlauf der Mittelwerte der einzelnen Nährelemente von 1985 bis 1989 spiegelt sich auch in den Häufigkeitsverteilungen der Nährelementgehalte auf die in Tabelle 1 angeführten Klassen wider. Wie aus Tabelle 8 zu ersehen ist, kam es bei den ungedüngten Probebäumen des "Netzes 85" am häufigsten zu Mangel an Stickstoff. Dem Verlauf der Mittelwerte entsprechend bestand 1987 und 1989, als jeweils 80 Prozent der Probebäume Stickstoff-Mangel aufwiesen, die schlechteste Versorgung. Zwischen den Ergebnissen der anderen drei Untersuchungsjahre bestand nur insofern ein Unterschied, daß 1986 und 1988 jeweils ein Probebaum ausreichend versorgt war.

In wesentlich geringerem Umfang als bei Stickstoff kam es in allen Untersuchungsjahren zu Mangel an Kalium (13 - 20% der Probebäume). Durch die gegenüber 1985 höhere Zahl von Punkten mit einer ausreichenden Kalium-Versorgung ab 1986 verbesserte sich zwar die Situation, der Anteil der Probebäume mit einer Kalium-Unterversorgung (Klassen Mangel + nicht ausreichend) lag von 1986 bis 1988 aber immer noch bei 60 Prozent und 1989 bei rund 53 Prozent.

Außer zu Stickstoff- und Kalium-Mangel kam es 1987 bei einem Probebaum auch zu Magnesium-Mangel. Im Gegensatz zu Kalium kam es bei Magnesium ab 1986 zu großen Schwankungen der Punktteile mit einer ausreichenden Versorgung; während 1986 und 1988 60 beziehungsweise rund 53 Prozent der Probebäume eine ausreichende Magnesiumversorgung aufwiesen, waren es 1989 40 Prozent und 1987 - so wie im ersten Untersuchungsjahr - nur ein Drittel.

Hinsichtlich Calcium wies zwar kein Probebaum in einem der fünf Untersuchungsjahre Mangel auf, der Anteil der Probebäume mit

einer ausreichenden Versorgung sank aber von 40 Prozent im Jahre 1985 bis 1987 auf 7 Prozent ab und lag dann in den beiden letzten Untersuchungsjahren bei 20 Prozent.

Die günstigste Versorgung bestand hinsichtlich Phosphor. Außer 1987, als 4 Probestämme eine nicht ausreichende Phosphor-Versorgung aufwiesen, lag der Anteil der ausreichend mit Phosphor versorgten Bäume zwischen 87 und 100 Prozent, wobei 1989 eine ausreichende Versorgung aller Bäume festzustellen war.

### 3.1.3.2 "Netz 86"

#### 3.1.3.2.1 Nährelementgehalte

Wie aus Tabelle 9, in der die Bereiche und Mittelwerte des "Netzes 86" ausgewiesen sind, zu ersehen ist, kam es bei dem gegenüber dem "Netz 85" um 5 Probestämme größeren Kollektiv praktisch von 1986 bis 1989 zum selben Verlauf der Mittelwerte wie beim "Netz 85" und - mit Ausnahme von Magnesium - ebenfalls zu den geringsten Werten im Jahre 1987.

#### 3.1.3.2.2 Beurteilung der Nährelementgehalte (Klassifikation)

Bei den Häufigkeitsverteilungen der nach den Werten in Tabelle 1 klassifizierten Nährelementgehalte ergaben sich dagegen gegenüber dem "Netz 85" zum Teil bei einigen Elementen Verschiebungen bei den prozentuellen Anteilen an den drei Versorgungsklassen (siehe Tabelle 10).

So erreichte der Anteil der Bäume mit einer ausreichenden Stickstoff-Versorgung 1986 und 1988 10 Prozent und die Anteile mit einer mangelhaften Versorgung lagen in den Jahren 1987 und 1989 nur bei 75 Prozent. Der Anteil der Probestämme mit Stickstoffmangel schwankte im Verlauf der vier Untersuchungsjahre zwischen 45 und 75 Prozent, während der Anteil der Bäume mit einer Stickstoff-Unterversorgung (= Mangel + nicht ausreichend) zwischen 90 und 100 Prozent lag und im Mittel der vier Jahre 95 Prozent betrug.

**Tabelle 9: Glein - KONTROLLNETZ ("Netz 86")**  
 Bereiche und Mittelwerte der Nährelementgehalte der von 1986 bis 1989 bearbeiteten ungedüngten Probestämme im Nadeljahrgang 1 (n=20)

	1986	1987	1988	1989
% N	1.10 - 1.52 1.333	1.01 - 1.49 1.205	0.99 - 1.63 1.328	1.07 - 1.44 1.234
% P	0.13 - 0.20 0.181	0.12 - 0.20 0.164	0.13 - 0.23 0.191	0.14 - 0.22 0.172
% K	0.32 - 0.90 0.493	0.28 - 0.90 0.444	0.24 - 0.92 0.526	0.32 - 0.82 0.486
% Ca	0.16 - 0.52 0.325	0.12 - 0.43 0.231	0.18 - 0.59 0.344	0.19 - 0.50 0.317
% Mg	0.08 - 0.22 0.128	0.07 - 0.17 0.119	0.09 - 0.17 0.129	0.08 - 0.19 0.113

**Tabelle 10: Glein - KONTROLLNETZ ("Netz 86")**  
 Häufigkeitsverteilung der Nährelementgehalte im Nadeljahrgang 1 nach den in Tabelle 1 angeführten Klassen der ungedüngten Probestämme (n=20) von 1985 bis 1989 (1: Mangel; 2: nicht ausreichend; 3: ausreichend)

Jahr	% N			% P			% K			% Ca			% Mg		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1986	10	8	2	-	1	19	2	8	10	-	13	7	-	9	11
1987	15	5	-	-	4	16	5	6	9	-	18	2	1	10	9
1988	9	9	2	-	1	19	3	5	12	-	13	7	-	8	12
1989	15	5	-	-	-	20	2	7	11	-	15	5	-	13	7

Bei Kalium kam es beim "Netz 86" gegenüber dem "Netz 85" vor allem bei den Punkteanteilen mit einer ausreichenden Versorgung im Verlauf der vier Jahre zu Unterschieden. Während beim "Netz 85" von 1986 bis 1988 gleich viele Bäume eine ausreichende Versorgung aufgewiesen hatten, sank der Anteil der Bäume mit einer ausreichenden Kaliumversorgung beim "Netz 86" von 1986 auf 1987 ab, um dann 1988 mit 60 Prozent den Höchstwert zu erreichen. Der Anteil der Probebäume mit Kalium-Mangel schwankte in den vier Untersuchungsjahren zwischen 10 und 25 Prozent und die Kalium-Unterversorgung im Bereich von 40 bis 55 Prozent, dies bei einem Vierjahresmittel von 47.5 Prozent.

Bei Magnesium waren ebenfalls stärkere Unterschiede zum "Netz 85" beim zeitlichen Verlauf des Anteils mit einer ausreichenden Versorgung vorhanden. Beim "Netz 86" bestand 1988 die günstigste und 1989 die ungünstigste Versorgung mit Magnesium seit 1986. Der Anteil der Probebäume mit einer Magnesium-Unterversorgung lag in den Jahren 1986 bis 1989 zwischen 40 und 65 Prozent und im Mittel bei rund 51 Prozent.

Beim "Netz 86" bestand zwar ebenfalls 1987 die ungünstigste Calciumversorgung, im Gegensatz zum "Netz 85" kam es beim "Netz 86" aber von 1988 auf 1989 auch wieder zu einer Abnahme des Anteils mit einer ausreichenden Versorgung. Der Bereich der Anteile mit einer Calcium-Unterversorgung lag mit 65 bis 90 Prozent und einem Vierjahresmittel von rund 74 Prozent deutlich über den Ergebnissen der Unterversorgung hinsichtlich Kalium und Magnesium.

Von den 1986 neu hinzugekommenen fünf Bäumen wiesen alle von 1986 bis 1989 eine ausreichende Phosphor-Versorgung auf. Der Anteil der Bäume mit einer nicht ausreichenden Phosphorversorgung schwankte von 1986 bis 1988 zwischen 5 und 20 Prozent, während nach den Ergebnissen der chemischen Nadelanalysen im Jahre 1990 alle Bäume ausreichend versorgt waren. Im Mittel der vier Jahre lag der Anteil mit einer nicht ausreichenden Phosphorversorgung mit 7.5 Prozent unter den analysierten Nährelementen am tiefsten.

### 3.1.4 Kontrollnetz - "Netz 86"

#### Nährelementverhältnisse der ungedüngten Probebäume

Für die Beurteilung der Nährelementsituation wurde neben der Klassifizierung der Elementgehalte nach den in Tabelle 1 angeführten Werten beim "Netz 86" auch geprüft, in welchem Umfang nach den Ergebnissen der Nährelementquotienten eine "harmonische" Ernährung gegeben ist, beziehungsweise ob und in welchem Umfang während des Untersuchungszeitraumes Änderungen eingetreten sind (HÜTTL 1985). In Tabelle 11 sind die Bereiche und Mittelwerte der Stickstoffquotienten, sowie des K/Ca-, K/Mg- und Ca/Mg-Verhältnisses für die Jahre 1986 bis 1989 ausgewiesen. Bis auf eine Ausnahme (Ca/Mg 1987) liegen die Mittelwerte der einzelnen Nährelementquotienten von 1986 bis 1989 in den "harmonischen" Bereichen, wobei für die Auswertung folgende Bereiche als "harmonisch" angenommen wurden:

N/P	7.01 - 10.00
N/K	1.01 - 3.00
N/Ca	2.00 - 7.00
N/Mg	8.01 - 14.00
K/Ca	0.81 - 2.40
K/Mg	2.21 - 6.40
Ca/Mg	2.51 - 5.00

Die zwischen den Probebäumen des "Netzes 86" bestehenden Unterschiede dokumentieren sich aber in den teilweise sehr weiten Bereichen, deren Schwankungen ebenso wie die der Mittelwerte im Verlauf der vier Untersuchungsjahre mit den unterschiedlichen Veränderungen der Versorgung mit den einzelnen Elementen in Zusammenhang stehen.

Eine bessere Beurteilung der Nährelementquotienten erlauben die in Tabelle 12 ausgewiesenen Häufigkeitsverteilungen der Einzelbaumwerte auf den harmonischen Bereich und seine Unter- oder Überschreitungen. Wie auf Grund der Nährelementgehalte zu erwarten, bestanden bei den Nährelementverhältnissen N/P, N/K und Ca/Mg am häufigsten "Auslenkungen" aus dem harmonischen Bereich, wie aus der folgenden Auflistung der mittleren Anteile

**Tabelle 11: Glein - KONTROLLNETZ ("Netz 86")**  
 Bereiche und Mittelwerte der Nährelementquotienten im Nadeljahr-  
 gang 1 der von 1986 bis 1989 bearbeiteten ungedüngten Probestämme  
 (n = 20)

	1986	1987	1988	1989
N/P	5.95 - 9.85 7.55	5.05 - 10.00 7.53	5.73 - 8.53 7.02	5.55 - 9.21 7.29
N/K	1.40 - 4.75 2.99	1.47 - 4.71 2.99	1.44 - 6.79 2.86	1.56 - 3.89 2.71
N/Ca	2.29 - 8.69 4.53	2.97 - 10.67 5.87	2.04 - 6.72 4.15	2.22 - 6.58 4.19
N/Mg	5.73 - 18.25 11.12	6.50 - 20.43 10.94	5.82 - 15.89 10.90	6.26 - 14.88 11.45
K/Ca	0.75 - 3.90 1.66	0.76 - 3.75 2.05	0.80 - 2.78 1.57	0.67 - 2.42 1.63
K/Mg	1.64 - 9.00 4.09	1.65 - 8.18 3.96	1.71 - 7.67 4.21	2.53 - 8.20 4.50
Ca/Mg	1.42 - 5.00 2.67	1.21 - 3.91 2.00	1.71 - 3.55 2.71	1.40 - 4.36 2.90

**Tabelle 12: Glein - KONTROLLNETZ ("Netz 86")**  
 Häufigkeitsverteilung der Nährelementquotienten im Nadeljahr-  
 gang 1 der von 1986 bis 1989 bearbeiteten ungedüngten Probestämme

	1986	1987	1988	1989	
N/P	< 7.00	8	8	11	6
	7.01-10.00	12	12	9	14
	>10.00	-	-	-	-
N/K	< 1.00	-	-	-	-
	1.01- 3.00	9	12	12	12
	> 3.00	11	8	8	8
N/Ca	< 2.00	-	-	-	-
	2.01- 7.00	18	15	20	20
	> 7.00	2	5	-	-
N/Mg	< 8.00	3	4	5	2
	8.01-14.00	15	11	12	14
	>14.00	2	5	3	4
K/Ca	< 0.80	1	1	-	1
	0.81- 2.40	15	12	19	18
	> 2.40	4	7	1	1
K/Mg	< 2.20	2	4	2	-
	2.21- 6.40	16	15	16	18
	> 6.40	2	1	2	2
Ca/Mg	< 2.50	11	18	8	6
	2.51- 5.00	9	2	12	14
	> 5.00	-	-	-	-

(der vier Untersuchungsjahre) für den harmonischen Bereich zu ersehen ist:

N/P	58.8 %
N/K	56.3 %
N/Ca	91.2 %
N/Mg	65.0 %
K/Ca	80.0 %
K/Mg	81.3 %
Ca/Mg	46.3 %

Während es bei den Verhältnissen N/P- und Ca/Mg nur zu Unterschreitungen und bei den Verhältnissen N/K und N/Ca nur zu Überschreitungen der harmonischen Bereiche kam, wiesen die Verhältnisse N/Mg, K/Ca und K/Mg sowohl Unter- als auch Überschreitungen auf.

Beim Ca/Mg-Verhältnis kam es von 1987 bis 1989 zu den stärksten positiven Veränderungen; nachdem 1987 nur 10 Prozent der Probebäume ein Ca/Mg-Verhältnis im harmonischen Bereich aufgewiesen hatten, stieg dieser Anteil bis 1989 auf 70 Prozent. Auch beim N/P- und K/Mg-Verhältnis wies der Anteil im harmonischen Bereich 1989 den höchsten Wert auf; beim N/K-Verhältnis kam es bei den Häufigkeitsverteilungen von 1987 bis 1989 zu keinen Veränderungen und beim N/Ca-Verhältnis lagen sowohl 1988 als auch 1989 alle Werte im "harmonischen" Bereich.

Beim K/Ca-Verhältnis lag der Anteil der Werte im harmonischen Bereich 1989 geringfügig unter dem Resultat von 1988, das Ergebnis der zwei letzten Untersuchungsjahre war aber deutlich besser als das der Jahre 1986 und 1987. Beim N/Mg-Verhältnis, bei dem Unter- und Überschreitungen in verschiedenen Jahren in der selben Größenordnung auftraten, deutet sich im Gegensatz zu den meisten anderen Nährelementquotienten keine Verbesserung der Situation in Form einer Zunahme des Baumanteils im harmonischen Bereich an.

### 3.1.5 Kontrollnetz - "Netz 86"

#### Nährelementversorgung/Höhenlage und Alter

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

#### 3.1.5.1 Höhenlage

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

##### 3.1.5.1.1 Nährelementgehalte

Die Mittelwerte von Calcium und Magnesium lagen in allen vier Untersuchungsjahren in der Höhenstufe 2 unter den Werten der Höhenstufe 1.

Die maximalen Schwankungen von Jahr zu Jahr waren bei Calcium in beiden Höhenstufen annähernd gleich und die Maxima und Minima der Calcium-Mittelwerte waren in den beiden Höhenstufen in den selben Jahren festzustellen. Auch bei Magnesium waren bei den maximalen Schwankungen der Mittelwerte zwischen den zwei Höhenstufen kaum Unterschiede vorhanden. Ein deutlicher Unterschied zwischen den beiden Höhenstufen bestand aber darin, daß in der Höhenstufe 1 seit 1986 (höchster Mittelwert) neben Abnahmen des Mittelwertes höchstens ein Gleichbleiben zu verzeichnen war und der geringste Mittelwert 1989 auftrat, während der Magnesium-Mittelwert der Höhenstufe 2 von 1987 (Minimum) auf 1988 (Maximum) einen Anstieg zu verzeichnen hatte.

Bei Kalium lag der Mittelwert der Höhenstufe 2 dagegen nur in den Jahren 1986 und 1988 unter dem der Höhenstufe 1, während die Kalium-Mittelwerte 1987 und 1989 in beiden Höhenstufen annähernd gleich waren. Ein deutlicher Unterschied zwischen

**Tabelle 13: Glein - KONTROLLNETZ ("Netz 86")**

Bereiche und Mittelwerte der Nährelementgehalte der ungedüngten Probestämme (n=20) im Nadeljahrgang 1 in den Höhenstufen bis 1400m und über 1400m Seehöhe in den Jahren 1986 bis 1989

m SH(n)	Jahr	% N	% P	% K	% Ca	% Mg
<1400m (11)	86	1.10-1.52 1.321	0.14-0.22 0.184	0.32-0.90 0.525	0.21-0.52 0.342	0.10-0.22 0.139
	87	1.01-1.49 1.181	0.12-0.20 0.170	0.28-0.90 0.445	0.16-0.43 0.259	0.10-0.17 0.134
	88	0.99-1.63 1.330	0.13-0.23 0.190	0.24-0.92 0.556	0.26-0.59 0.371	0.10-0.19 0.134
	89	1.10-1.49 1.236	0.14-0.20 0.168	0.32-0.82 0.485	0.19-0.50 0.324	0.09-0.19 0.122
>1400m (9)	86	1.24-1.46 1.348	0.13-0.23 0.177	0.33-0.80 0.452	0.16-0.41 0.303	0.08-0.16 0.114
	87	1.09-1.43 1.234	0.12-0.20 0.157	0.35-0.67 0.441	0.12-0.34 0.197	0.07-0.14 0.100
	88	1.13-1.50 1.326	0.16-0.22 0.192	0.36-0.78 0.488	0.18-0.45 0.310	0.09-0.17 0.122
	89	1.07-1.32 1.231	0.14-0.22 0.176	0.32-0.78 0.487	0.19-0.48 0.308	0.08-0.14 0.102

**Tabelle 14: Glein - KONTROLLNETZ ("Netz 86")**

Häufigkeitsverteilung der Nährelementgehalte im Nadeljahrgang 1 der ungedüngten Probestämme nach den in Tabelle 1 angeführten Klassen (1: Mangel, 2: nicht ausreichend, 3: ausreichend) in den Höhenstufen bis 1400m und über 1400m in den Jahren 1986 bis 1989

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

den Kalium-Mittelwerten der beiden Höhenstufen bestand auch darin, daß die maximalen Schwankungen von Jahr zu Jahr in der Höhenstufe 1 wesentlich größer waren. Die Maxima und Minima traten in beiden Höhenstufen in den selben Jahren (1987 Minima, 1988 Maxima) auf.

Ebenso wie beim Kalium lagen auch bei Phosphor die Mittelwerte in der Höhenstufe 1 in zwei Jahren deutlich über den Mittelwerten der Höhenstufe 2. Die Entwicklung wies dagegen insofern einen Unterschied zu Kalium auf, als die höheren Werte der Höhenstufe 1 bei Phosphor in den ersten zwei Jahren bestanden, die Mittelwerte 1988 annähernd gleich waren und 1989 der Mittelwert der Höhenstufe 2 über dem Wert der Höhenstufe 1 lag.

Im Gegensatz zu den anderen Elementen lagen die Stickstoffmittelwerte der Höhenstufe 2 in den Jahren 1986 und 1987 etwas über denen der Höhenstufe 1; in den beiden letzten Jahren waren dagegen die Unterschiede minimal (siehe Tabelle 13).

#### 3.1.5.1.2 Beurteilung der Nährelementgehalte (Klassifikation)

Die zwischen den Mittelwerten der Höhenstufen vorhandenen Differenzen wirkten sich nur bei einem Teil der Elemente stärker bei den Häufigkeitsverteilungen der Klassifikation nach Tabelle 1 aus, wie aus Tabelle 14 zu ersehen ist.

Berücksichtigt man die unterschiedliche Besetzung der beiden Höhenstufen, dann bewegte sich der Anteil der Bäume mit Stickstoff-Mangel in der Höhenstufe 1 zwischen 46 und 73 Prozent (Mittel 59%) und in der Höhenstufe 2 zwischen 44 und 89 Prozent (Mittel 64 Prozent), wobei der höhere durchschnittliche Mangel in der Höhenstufe 2 durch das Ergebnis von 1989, das doppelt so viele Mangelbäume wie das von 1988 aufwies, bestimmt wurde.

Der Anteil der Probebäume mit Mangel an Kalium wies in den beiden Höhenstufen andeutungsweise einen gegenläufigen Verlauf auf. Während in der Höhenstufe 1 in den Jahren 1987 und 1988 bei mehr Probebäumen als 1986 und 1989 ein Kalium-Mangel fest-

zustellen war, wies in der Höhenstufe 2 in den Jahren 1987 und 1988 nach den Ergebnissen der chemischen Nadelanalysen kein Probebaum einen Kalium-Mangel auf. Gegenüber Stickstoff kam es beim Mangel an Kalium zu einem deutlichen Unterschied zwischen den beiden Höhenstufen; während der Anteil der Bäume mit Kalium-Mangel in der Höhenstufe 1 zwischen 9 und 46 Prozent schwankte und im Mittel bei 23 Prozent lag, bewegte sich der entsprechende Anteil in der Höhenstufe 2 zwischen Null und 11 Prozent und lag im Mittel nur bei 6 Prozent.

Wenn man anstelle des Mangels die Unterversorgung (Mangel + nicht ausreichend) für die Prüfung von Unterschieden zwischen den beiden Höhenstufen verwendet, so kommt es im Fall von Kalium zu einer Umkehrung der Versorgungssituation in den zwei Höhenstufen; während die Anteile der Probebäume mit einer Unterversorgung in der Höhenstufe 1 von 1986 bis 1989 zwischen 27 und 55 Prozent schwankten und im Mittel bei 43 Prozent lagen, lag der mittlere Anteil der Kalium-Unterversorgung in der Höhenstufe 2 bei 53 Prozent, bei Jahresergebnissen von 44 bis 56 Prozent. Die Unterversorgung mit Stickstoff lag im Mittel in der Höhenstufe 1 bei 91 Prozent und in der Höhenstufe 2 wiesen alle Probebäume in allen Untersuchungsjahren eine Unterversorgung auf. Gegenüber den anderen Elementen war die mittlere Unterversorgung mit Phosphor mit 7 und 8 Prozent am geringsten. Wesentlich stärkere Unterschiede als bei den zuletzt behandelten Elementen ergaben sich zwischen den beiden Höhenstufen bei der Unterversorgung mit Calcium und Magnesium. Im Mittel der vier Jahre betrug die Calcium-Unterversorgung in der Höhenstufe 1 rund 66 Prozent (55 - 82 % zwischen 1986 und 1989) und in der Höhenstufe 2 rund 83 Prozent (67 - 100 % zwischen 1986 und 1989). Die größte Differenz ergab sich aber zwischen den mittleren Anteilen der Magnesium-Unterversorgung der beiden Höhenstufen: Während dieser Anteil in der Höhenstufe 1 "nur" 39 Prozent betrug, lag er in der Höhenstufe 2 bei 64 Prozent, wobei die Jahreswerte in der Höhenstufe 1 von 27 bis 55 Prozent und in der Höhenstufe 2 von 56 bis 78 Prozent schwankten.

Keine Unterschiede bestanden zwischen den beiden Höhenstufen im mittleren Anteil von Bäumen, die keinen Mangel aufwiesen

(Tabelle 15), wobei allerdings festzustellen ist, daß in der Höhenstufe 2 von 1988 auf 1989 gegenüber der Höhenstufe 1 eine stärkere Abnahme zu verzeichnen war. Eine Verbesserung der Nährelementversorgung deutet sich für die Höhenstufe 1 ab 1987 auch noch insofern an, als die Zahl der Bäume mit Mangel an Kalium, allein oder in Kombination mit Mangel an Stickstoff, wieder zurückging und 1989 in etwa die gleiche Häufigkeitsverteilung von "Mangeltypen" wie 1986 erreicht wurde.

#### 3.1.5.1.3 Nährelementverhältnisse

Wie aus Tabelle 16, in der die Häufigkeitsverteilungen der Nährelementverhältnisse auf den "harmonischen" Bereich und auf die Bereiche unter- und oberhalb desselben für die beiden Höhenstufen ausgewiesen sind, zu ersehen ist, kam es beim N/P-Verhältnis in der Höhenstufe 1 in den beiden letzten Jahren gegenüber 1986 und 1987 zu einer Verbesserung, während in der Höhenstufe 2 in den beiden letzten Jahren weniger Bäume ein "harmonisches" N/P-Verhältnis aufwiesen als in den Jahren zuvor. Beim N/K-Verhältnis bestand zwischen den beiden Höhenstufen insofern ein Unterschied, als in der Höhenstufe 1 im Jahre 1988 eine günstigere Verteilung gegenüber den anderen drei Jahren mit identen Ergebnissen bestand, während in der Höhenstufe 2 von Jahr zu Jahr Veränderungen eintraten und 1988 eine Abnahme der Zahl von Bäumen mit Werten im harmonischen Bereich festzustellen war.

Auch beim N/Ca-Verhältnis kam es in beiden Höhenstufen in den beiden letzten Jahren zu einer Verbesserung, da alle Werte - im Gegensatz zu 1986 und 1987 - im harmonischen Bereich lagen. Deutlichere Unterschiede zwischen den beiden Höhenstufen existieren dagegen beim N/Mg-Verhältnis und zwar weniger im Verlauf oder einer damit verbundenen unterschiedlichen positiven beziehungsweise negativen Entwicklung, als vielmehr darin, daß in der Höhenstufe 1 Werte  $\leq 8$  wesentlich häufiger als in der Höhenstufe 2 auftraten, während in dieser dagegen Werte  $> 14$  häufiger als in der Höhenstufe 1 waren.

**Tabelle 15: Glein - KONTROLLNETZ ("Netz 86")**  
 Häufigkeitsverteilung der "Mangeltypen" der ungedüngten  
 Probestämme (n=20) in den Höhenstufen bis 1400 Meter Seehöhe  
 und darüber in den Jahren 1986 bis 1989 (Nadeljahrgang 1)

m SH (n)	Jahr	Mangeltyp				KEIN Mangel
		N	K	Mg	NK	
< 1400m (11)	1986	6	1	-	-	4
	1987	5	2	-	3	1
	1988	3	1	-	2	5
	1989	6	-	-	1	4
> 1400m (9)	1986	4	1	-	-	4
	1987	7	-	1	-	1
	1988	4	-	-	-	5
	1989	7	-	-	1	1

**Tabelle 16: Glein - KONTROLLNETZ ("Netz 86")**  
 Häufigkeitsverteilung der Nährelementquotienten im Nadeljahr-  
 gang 1 der von 1986 bis 1986 bearbeiteten ungedüngten Probestämme  
 in den Höhenstufen bis 1400m und über 1400m

		-1400m				>1400m			
		86	87	88	89	86	87	88	89
N/P	< 7.00	5	7	6	3	3	2	5	4
	7.01-10.00	6	4	5	8	6	7	4	5
	>10.00	-	-	-	-	-	-	-	-
N/K	< 1.00	-	-	-	-	-	-	-	-
	1.01- 3.00	6	6	8	6	3	6	4	6
	> 3.00	5	5	3	5	6	3	5	3
N/Ca	< 2.00	-	-	-	-	-	-	-	-
	2.01- 7.00	10	9	11	11	8	6	9	9
	> 7.00	1	2	-	-	1	3	-	-
N/Mg	< 8.00	3	4	3	2	-	-	2	-
	8.01-14.00	8	6	7	8	7	5	5	6
	>14.00	-	1	1	1	2	4	2	3
K/Ca	< 0.80	1	1	1	1	-	-	-	-
	0.81- 2.40	8	8	9	10	7	4	9	8
	> 2.40	2	2	1	-	2	5	-	1
K/Mg	< 2.20	1	3	2	-	1	-	-	-
	2.21- 6.40	8	7	7	10	8	9	9	8
	> 6.40	2	1	2	1	-	-	-	1
Ca/Mg	< 2.50	7	10	4	5	4	8	4	2
	2.51- 5.00	4	1	7	6	5	1	5	7
	> 5.00	-	-	-	-	-	-	-	-

In beiden Höhenstufen wiesen 1988 und 1989 mehr Bäume als in den Jahren zuvor ein harmonisches K/Ca-Verhältnis auf, wobei die Verschiebung in den harmonischen Bereich von 1987 auf 1988 in der Höhenstufe 2, in der 1987 weniger als die Hälfte der Bäume ein harmonisches K/Ca-Verhältnis aufgewiesen hatten, besonders deutlich ausfiel.

Während in der Höhenstufe 2 bis auf jeweils eine Ausnahme in den Jahren 1986 und 1989 ein harmonisches K/Mg-Verhältnis bestand, war diese günstige Situation in der Höhenstufe 1 erst 1989 festzustellen. Beim Ca/Mg-Verhältnis kam es vor allem 1987 in beiden Höhenstufen zu Werten unterhalb des harmonischen Bereichs; 1988 kam es aber auch bei diesem Nährelementverhältnis in beiden Höhenstufen zu einer deutlichen Verbesserung, die sich in der Höhenstufe 2 auch noch 1989 fortsetzte.

### 3.1.5.2 Baumalter

#### 3.1.5.2.1 Nährelementgehalte

Wie aus Tabelle 17, in der die Bereiche und Mittelwerte der Nährelementgehalte im Nadeljahrgang 1 der ungedüngten Probebäume des "Netzes 86" für die beiden Altersgruppen (bis 100 bzw. über 100 Jahre) ausgewiesen sind, zu entnehmen ist, lagen die Kalium- und Magnesiumwerte bei den älteren Bäumen in allen vier Jahren mehr oder minder deutlich unter den Werten des "jüngeren" Kollektivs. Bei den Phosphor-Mittelwerten traf dies nur in den Jahren 1986, 1987 und 1989 zu, während die Phosphor-Mittelwerte 1988 annähernd gleich waren. Ebenfalls in drei Jahren, aber von 1986 bis 1988, lag auch der Calcium-Mittelwert der älteren Bäume mehr oder minder deutlich unter dem Wert der "jüngeren" Bäume, was beim Stickstoff-Mittelwert eingeschränkt nur in den Jahren 1986 und 1987 zutraf.

#### 3.1.5.2.2 Beurteilung der Nährelementgehalte (Klassifikation)

Wie aus Tabelle 18, in der die Häufigkeitsverteilungen der Klassifikation der Nährelementgehalte nach Tabelle 1 für die

**Tabelle 17: Glein - KONTROLLNETZ ("Netz 86")**  
 Bereiche und Mittelwerte der Nährelementgehalte der ungedüngten  
 Proebäume im Nadeljahrgang 1 in den Altersgruppen unter und über  
 100 Jahre von 1986 bis 1989

Alter (n)	Jahr	% N			% P			% K			% Ca			% Mg		
		min	max	Mittelwert												
<100 (10)	1986	1.26	1.52	1.345	0.15	0.22	0.187	0.32	0.90	0.543	0.21	0.52	0.337	0.10	0.22	0.139
	1987	1.01	1.49	1.182	0.12	0.20	0.174	0.28	0.90	0.497	0.16	0.43	0.250	0.08	0.16	0.127
	1988	0.99	1.63	1.324	0.13	0.23	0.190	0.24	0.92	0.597	0.26	0.51	0.354	0.10	0.17	0.131
	1989	1.10	1.49	1.244	0.14	0.22	0.176	0.36	0.82	0.532	0.21	0.50	0.310	0.09	0.19	0.119
>100 (10)	1986	1.10	1.46	1.321	0.14	0.23	0.172	0.33	0.82	0.442	0.16	0.48	0.312	0.08	0.16	0.117
	1987	1.08	1.43	1.228	0.13	0.19	0.154	0.28	0.49	0.390	0.12	0.37	0.212	0.07	0.17	0.110
	1988	1.13	1.55	1.332	0.16	0.21	0.192	0.32	0.64	0.454	0.18	0.59	0.333	0.09	0.17	0.126
	1989	1.07	1.38	1.224	0.14	0.19	0.167	0.32	0.59	0.440	0.19	0.48	0.323	0.08	0.15	0.107

**Tabelle 18: Glein - KONTROLLNETZ ("Netz 86")**  
 Häufigkeitsverteilung der Nährelementgehalte im Nadeljahrgang 1  
 der ungedüngten Proebäume nach den in Tabelle 1 angeführten  
 Klassen (1: Mangel; 2: nicht ausreichend; 3: ausreichend) in den  
 Altersgruppen unter und über 100 Jahre von 1986 bis 1989

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

beiden Altersgruppen (Altersgruppe 1  $\leq$ 100 Jahre; Altersgruppe 2  $>$ 100 Jahre) ausgewiesen sind, zu ersehen ist, wiesen die Bäume der Altersgruppe 1 im Durchschnitt der vier Untersuchungsjahre weniger oft als die der Altersgruppe 2 einen Stickstoff-Mangel auf (57.5 Prozent gegenüber 65 Prozent), während der durchschnittliche Kalium-Mangel in beiden Altersgruppen mit 15 Prozent gleich war. Die Kalium-Unterversorgung (Mangel + nicht ausreichend) schwankte in der Altersgruppe 2 zwischen 50 und 70 Prozent und lag im Mittel bei rund 58 Prozent, wogegen in der Altersgruppe 1 der mittlere Anteil von Bäumen mit einer Unterversorgung nur rund 38 Prozent bei Jahreswerten von 30 bis 40 Prozent betrug.

Auch bei der Unterversorgung mit Magnesium lag der mittlere Anteil in der Altersgruppe 2 mit rund 58 Prozent über dem Resultat der Altersgruppe 1. Die mittlere Unterversorgung mit Phosphor (rund 8 Prozent) und Calcium (75 Prozent) war dagegen in beiden Gruppen gleich.

Wie aus Tabelle 19, in der die Häufigkeitsverteilung der "Mangeltypen" für die beiden Altersgruppen ausgewiesen sind, zu ersehen ist, wiesen bei beiden Altersgruppen gleich viel Probebäume von 1986 bis 1989 keinen Mangel auf (im Mittel der vier Jahre rund 33 Prozent). Auch beim alleinigen Stickstoff-Mangel ergaben sich nur geringe Unterschiede. Während alleiniger Kalium-Mangel in der Altersgruppe 1 relativ häufiger als in der Altersgruppe 2 festzustellen war, war es bei Mangel an Stickstoff + Kalium umgekehrt.

### 3.1.5.2.3 Nährelementverhältnisse

Bei einer nach dem Alter getrennten Zuordnung der Nährelementverhältnisse auf den harmonischen Bereich beziehungsweise auf die Bereiche unter- und oberhalb desselben, ergaben sich bei einem Teil der Quotienten ebenfalls mehr oder minder große Unterschiede zwischen den beiden Altersgruppen (siehe Tabelle 20).

Der mittlere Anteil von Unterschreitungen des harmonischen N/P-Bereiches lag in der Altersgruppe 1 bei 50 Prozent, während er

**Tabelle 19: Glein - KONTROLLNETZ ("Netz 86")**  
 Häufigkeitsverteilung der "Mangeltypen" der ungedüngten  
 Probestämme (n = 20) in den Altersgruppen bis 100 und  
 über 100 Jahre in den Jahren 1986 bis 1989 (NJ 1)

Alter (n)	Jahr	Mangeltyp				KEIN Mangel
		N	K	Mg	NK	
< 100 (10)	1986	5	1	-	-	4
	1987	6	2	-	1	1
	1988	3	1	-	1	5
	1989	7	-	-	-	3
> 100 (10)	1986	5	1	-	-	4
	1987	7	-	1	1	1
	1988	4	-	-	1	5
	1989	6	-	-	2	2

**Tabelle 20: Glein - KONTROLLNETZ ("Netz 86")**  
 Häufigkeitsverteilung der Nährelementquotienten im Nadel-  
 jahrgang 1 der von 1986 bis 1989 bearbeiteten ungedüngten  
 Probestämme in den Altersgruppen unter und über 100 Jahre

		< 100 Jahre				> 100 Jahre			
		86	87	88	89	86	87	88	89
N/P	< 7.00	5	6	6	3	3	2	5	3
	7.01-10.00	5	4	4	7	7	8	5	7
	>10.00	-	-	-	-	-	-	-	-
N/K	< 1.00	-	-	-	-	-	-	-	-
	1.01- 3.00	6	6	7	6	3	6	5	6
	> 3.00	4	4	3	4	7	4	5	4
N/Ca	< 2.00	-	-	-	-	-	-	-	-
	2.01- 7.00	9	9	10	10	9	7	10	10
	> 7.00	1	1	-	-	1	3	-	-
N/Mg	< 8.00	2	3	3	2	1	1	2	-
	8.01-14.00	8	5	6	6	7	6	6	8
	>14.00	-	2	1	2	2	3	2	2
K/Ca	< 0.80	-	-	-	-	1	1	-	1
	0.81- 2.40	8	7	9	10	7	5	10	8
	> 2.40	2	3	1	-	2	4	-	1
K/Mg	< 2.20	1	2	2	-	1	1	-	-
	2.21- 6.40	8	7	6	9	8	9	10	9
	> 6.40	1	1	2	1	1	-	-	1
Ca/Mg	< 2.50	6	9	4	2	5	9	4	4
	2.51- 5.00	4	1	6	8	5	1	6	6
	> 5.00	-	-	-	-	-	-	-	-

in der Altersgruppe 2 bei nur rund 33 Prozent lag. Beim N/K-Verhältnis lagen dagegen die Überschreitungen des harmonischen Bereiches in der Altersklasse 2 im Mittel der vier Jahre mit 50 Prozent über denen der Altersklasse 1 mit rund 38 Prozent. Auch bei den Überschreitungen des harmonischen N/Ca-Bereiches, die gegenüber den zuerst genannten Quotienten vergleichsweise weniger oft festzustellen waren, lagen die Werte der Altersgruppe 2 in den Jahren 1986 und 1987 über denen der Altersgruppe 1; in den beiden letzten Jahren wiesen dagegen alle Probestämme ein harmonisches N/Ca-Verhältnis auf. Die durchschnittlichen Anteile mit einem harmonischem N/Mg-Verhältnis unterschieden sich zwischen den beiden Altersgruppen mit 63 und 68 Prozent nur wenig; ebenso wie bei der Aufgliederung nach Höhenstufen kam es auch bei der Aufgliederung nach dem Baumalter zu verschiedenen Schwerpunkten außerhalb des harmonischen Bereichs: Die Zahl der Unterschreitungen des harmonischen Bereichs war in der Altersklasse 1 mehr als doppelt so hoch wie in der Altersklasse 2, in welcher wiederum die Zahl der Überschreitungen fast doppelt so hoch wie in der Altersgruppe 1 war. Ebenso wie beim N/Mg-Verhältnis waren auch bei den Verhältnissen von K/Ca und K/Mg sowohl Unter- als auch Überschreitungen des harmonischen Bereichs festzustellen; in der Altersgruppe 1 kam es beim K/Ca-Verhältnis nur zu Überschreitungen des harmonischen Bereiches. In beiden Altersgruppen dokumentierte sich eine Verbesserung bei den K/Ca-Verhältnissen in den Jahren 1988 und 1989 gegenüber den ersten zwei Jahren in einer Zunahme der Zahl von Werten im harmonischen Bereich. Auch bei den K/Mg-Verhältnissen lag der durchschnittliche Anteil von Bäumen im harmonischen Bereich in beiden Altersgruppen mit 75 Prozent beziehungsweise 90 Prozent so wie beim K/Ca-Verhältnis relativ sehr hoch, wobei ebenfalls im letzten Untersuchungsjahr (Altersgruppe 1) bzw. in den letzten zwei Jahren (Altersgruppe 2) die günstigsten Anteile erreicht wurden. Die stärksten Abweichungen vom harmonischen Bereich bestanden bei beiden Altersgruppen beim Ca/Mg-Verhältnis, wobei aber auch hier in den letzten zwei Jahren eine deutliche Verbesserung, vor allem bei der Altersgruppe 1 zu verzeichnen war.

### 3.1.6 Kontrollnetz - "Netz 86"

#### Nährelementgehalte im Nadeljahrgang 2 der ungedüngten Probebäume

Durch die Analysierung der Nährelementgehalte im Nadeljahrgang 2 sollte geprüft werden, ob und in welchem Umfang im Untersuchungsgebiet Abweichungen vom normalen jahrgangsweisen Verlauf bestehen: So sollten vor allem der Stickstoff- und Phosphorgehalt, aber auch der Kaliumgehalt mit zunehmenden Nadelalter abnehmen und bei Calcium in den älteren Nadeljahrgängen höhere Werte auftreten, während bei Magnesium keine klare Tendenz eines altersbedingten Verlaufs zu erwarten ist.

##### 3.1.6.1 Nährelementgehalte

Wie aus Tabelle 21 zu ersehen ist, entsprechen die Mittelwerte der Quotienten der beiden Nadeljahrgänge durchwegs den in der Literatur enthaltenen Angaben über jahrgangsbedingte Unterschiede (HÖHNE 1968). Aus den in Tabelle 21 angeführten Bereichen läßt sich aber auch ersehen, daß davon abweichend bei einzelnen ungedüngten Bäumen des "Netzes 86" immer eine Zunahme des Stickstoff-, Phosphor- und Kalium-Gehaltes und eine Abnahme des Calcium-Gehaltes vom Nadeljahrgang 1 zum Nadeljahrgang 2 bestand. Der Gradient zwischen den Nährelementgehalten im Nadeljahrgang 1 und 2 war bei den Calciumgehalten mit einem mittleren Quotienten ( $\% \text{ Element im Nadeljahrgang 2} : \% \text{ Element im Nadeljahrgang 1}$ ) von 1.72 am steilsten. Im Durchschnitt der Jahre 1986 bis 1989 lag die Abnahme der Phosphor- und Kaliumgehalte vom Nadeljahrgang 2 im Verhältnis zum Nadeljahrgang 1 in etwa der gleichen Größenordnung; die mittleren Quotienten lagen bei 0.76 bzw. 0.77 und auch die Bandbreite der mittleren Quotienten in den Einzeljahren lagen mit 0.11 bzw. 0.10 bei beiden Elementen in der selben Größenordnung und damit deutlich niedriger als die Bandbreite der mittleren Quotienten der Einzeljahre bei Calcium (0.60). Bei Stickstoff waren die Unterschiede zwischen den Gehalten im Nadeljahrgang 1 und 2 deutlich geringer als bei Phosphor, Kalium und Calcium; im Mittel der vier Unter-

**Tabelle 21: Glein - KONTROLLNETZ ("Netz 86")**

Bereiche und Mittelwerte der Verhältnisse der Nährelementgehalte im Nadeljahrgang 2 zu denen im Nadeljahrgang 1 ( = 1.00) der ungedüngten Probestämme (n = 20) von 1986 bis 1989

Jahr	N2:N1	P2:P1	K2:K1	Ca2:Ca1	Mg2:Mg1
1986	0.74-1.04 0.855	0.58-1.07 0.761	0.50-1.36 0.824	0.63-2.38 1.603	0.70-1.14 0.910
1987	0.74-1.09 0.881	0.55-0.95 0.686	0.49-1.00 0.751	0.95-2.61 1.958	0.55-1.38 1.045
1988	0.65-1.04 0.905	0.55-1.18 0.799	0.54-1.09 0.795	0.96-1.97 1.357	0.50-1.25 0.946
1989	0.79-1.08 0.944	0.60-1.00 0.774	0.59-1.11 0.727	1.13-2.62 1.942	0.90-1.47 1.165

**Tabelle 22: Glein - KONTROLLNETZ ("Netz 86")**

Mittelwerte der Verhältnisse der Nährelementgehalte im Nadeljahrgang 2 zu denen im Nadeljahrgang 1 ( = 1.00) der ungedüngten Probestämme in den Seehöhen bis 1400m und darüber von 1986 bis 1989

Jahr	N2:N1	P2:P1	K2:K1	Ca2:Ca1	Mg2:Mg1	
≤1400m	86	0.85	0.72	0.79	1.66	0.93
	87	0.90	0.69	0.80	1.78	0.95
	88	0.90	0.80	0.80	1.33	0.99
	89	0.91	0.77	0.74	1.98	1.19
>1400	86	0.86	0.81	0.87	1.54	0.89
	87	0.85	0.68	0.69	2.18	1.16
	88	0.91	0.79	0.79	1.39	0.90
	89	0.99	0.78	0.68	1.90	1.13

suchungsjahre lag der Stickstoffgehalt im Nadeljahrgang 2 nur 10 Prozent unter dem des Nadeljahrganges 1, wobei die Differenz der Stickstoffgehalte von 1986 bis 1989 ständig abnahm.

### 3.1.6.2 Höhenlage

Wie aus Tabelle 22, in der die Mittelwerte der Quotienten zwischen Nadeljahrgang 2 und Nadeljahrgang 1 für die beiden Höhenstufen ausgewiesen sind, zu ersehen ist, kam es zwar in beiden Höhenstufen wie beim Gesamtmaterial zu Abnahmen der Stickstoffdifferenzen während der vier Untersuchungsjahre, wobei aber im Verlauf der mittleren Jahresquotienten Unterschiede bestanden; in der Höhenstufe 1 kam es ab 1987 zu keinen weiteren Veränderungen, während in der Höhenstufe 2 von 1987 bis 1989 eine ständige Abnahme der Stickstoffdifferenzen zwischen den Nadeljahrgängen 1 und 2 festzustellen war. Im Mittel der vier Untersuchungsjahre bestanden in beiden Höhenstufen annähernd gleiche Gradienten zwischen den Nadeljahrgängen 1 und 2. Die Bandbreite der Quotienten der Einzeljahre lag außer bei Magnesium in der Höhenstufe 2 immer etwas über dem Resultat der Höhenstufe 1.

### 3.1.6.3 Baumalter

Auch bei einer Zuordnung der Mittelwerte der Quotienten zwischen dem Nadeljahrgang 2 und Nadeljahrgang 1 auf die beiden Altersgruppen bestehen im Mittel der vier Jahre bei Stickstoff und Phosphor nur minimale Unterschiede; bei den älteren Bäumen besteht im Mittel eine etwas stärkere Abnahme des Kaliumgehaltes und stärkere Zunahme des Calciumgehaltes vom Nadeljahrgang 1 zum Nadeljahrgang 2 (siehe Tabelle 23). Die relativ größten Unterschiede bestehen zwischen den beiden Altersgruppen beim mittleren Quotienten der Magnesiumgehalte der Nadeljahrgänge 2 und 1; während in der Altersgruppe 1 im Mittel der vier Jahre vom Nadeljahrgang 1 zum Nadeljahrgang 2 eine Abnahme der Magnesiumgehalte bestand, war es in der Altersgruppe 2 umgekehrt.

**Tabelle 23: Glein - KONTROLLNETZ ("Netz 86")**

Mittelwerte der Verhältnisse der Nährelementgehalte im Nadeljahrgang 2 zu denen im Nadeljahrgang 1 (=1.00) der ungedüngten Probebäume in den Altersgruppen unter und über 100 Jahre von 1986 bis 1989

	Jahr	N2:N1	P2:P1	K2:K1	Ca2:Ca1	Mg2:Mg1
<100	86	0.84	0.73	0.79	1.55	0.87
	87	0.91	0.70	0.79	1.83	0.96
	88	0.90	0.84	0.85	1.31	0.91
	89	0.92	0.77	0.75	2.02	1.13
>100	86	0.87	0.80	0.86	1.66	0.95
	87	0.85	0.67	0.72	2.09	1.13
	88	0.91	0.76	0.74	1.40	0.98
	89	0.97	0.78	0.70	1.86	1.20

**Tabelle 24: Glein - KONTROLLNETZ ("Netz 85")**

Bereiche und Mittelwerte der Nährelementgehalte der 1986 mit WUXAL gedüngten Probebäume (n=4) in den Jahren 1985 bis 1989 im Nadeljahrgang 1

	% N	% P	% K	% Ca	% Mg
1985(unged.)	1.22-1.61 1.375	0.14-0.24 0.195	0.48-0.74 0.620	0.39-0.60 0.465	0.09-0.25 0.163
1986	1.22-1.51 1.403	0.16-0.24 0.205	0.49-0.77 0.648	0.35-0.36 0.358	0.11-0.18 0.153
1987	1.10-1.34 1.238	0.12-0.19 0.168	0.38-0.69 0.538	0.23-0.35 0.293	0.11-0.19 0.145
1988	1.21-1.43 1.325	0.17-0.22 0.195	0.39-0.81 0.670	0.33-0.44 0.405	0.13-0.22 0.168
1989	1.14-1.48 1.298	0.15-0.19 0.173	0.42-0.70 0.620	0.29-0.41 0.338	0.11-0.17 0.135

Die Bandbreite der Quotienten der Einzeljahre war aber auch bei Magnesium so wie bei Stickstoff, Phosphor und Calcium bei den beiden Altersgruppen fast gleich; nur bei Kalium lag die Bandbreite der Altersgruppe 2 etwas über dem Resultat der Altersgruppe 1.

### 3.1.7 Kontrollnetz - Wuxaldüngung

Wie aus dem Vergleich der Mittelwerte in Tabelle 24 ("Netz 85") mit denen in Tabelle 7 ("Netz 85" ungedüngt) oder der Mittelwerte in Tabelle 25 ("Netz 86") mit denen in Tabelle 9 ("Netz 86" ungedüngt) zu ersehen ist, kam es durch die ein- oder zweimalige Wuxal-Düngung bei den wenigen gedüngten Probestämmen kaum zu Veränderungen des Verlaufs der Nährelementgehalte gegenüber den ungedüngten Probestämmen des Kontrollnetzes.

Beim "Netz 85" kam es von 1985 auf 1986 bei den gedüngten Probestämmen zu einem minimalen Anstieg des mittleren Stickstoffgehaltes, während dies bei den ungedüngten Probestämmen nicht der Fall war, und von 1988 auf 1989 sank der mittlere Stickstoff-Gehalt bei den gedüngten Bäumen schwächer ab. Bei den 1986 gedüngten Probestämmen kam es im Vergleich zu den ungedüngten Bäumen von 1985 auf 1986 zu einer geringeren Zunahme des mittleren Calciumgehaltes und zu einer Abnahme des mittleren Magnesiumgehaltes, der bei den ungedüngten Bäumen zunahm. Wie aus Tabelle 26 zu ersehen ist, kam es bei den gedüngten Probestämmen in den letzten Untersuchungsjahren auch zu keiner Verringerung der Mangelhäufigkeit, sondern eher noch zu einer Zunahme.

Auch beim "Netz 86" bestanden bei den Mittelwerten der ungedüngten und zweimal mit Wuxal gedüngten Probestämme bei Stickstoff, Phosphor und Calcium weitgehend die gleichen Verläufe von 1986 bis 1989. Abweichungen bestanden bei den Kaliummittelwerten insofern, als die gedüngten Bäume von 1986 auf 1987 eine geringere Abnahme und stärkere Veränderungen von 1987 auf 1988 (Zunahme) bzw. von 1988 auf 1989 (Abnahme) als die ungedüngten

**Tabelle 25: Glein - KONTROLLNETZ ("Netz 86")**  
 Bereiche und Mittelwerte der Nährelementgehalte der 1986 und 1987 mit WUXAL gedüngten Probestämme (n=4) in den Jahren 1986 bis 1989

Jahr	% N	% P	% K	% Ca	% Mg
1986	1.15-1.64 1.418	0.16-0.21 0.188	0.30-0.70 0.483	0.20-0.52 0.300	0.08-0.20 0.128
1987	1.14-1.35 1.233	0.16-0.17 0.163	0.30-0.64 0.478	0.16-0.36 0.220	0.09-0.18 0.118
1988	1.11-1.52 1.335	0.17-0.23 0.200	0.32-0.91 0.650	0.28-0.58 0.385	0.10-0.18 0.140
1989	1.03-1.48 1.228	0.15-0.19 0.165	0.25-0.64 0.503	0.16-0.39 0.300	0.07-0.15 0.110

**Tabelle 26: Glein - KONTROLLNETZ ("Netz 85")**  
 Häufigkeitsverteilung der "Mangeltypen" bei den nur mit WUXAL gedüngten (Düngung 86 bzw. 86 und 87) und ungedüngten Probestämmen des "Netzes 85"

	Ungedüngt					Düngung 86					Düngung 86 und 87				
	85	86	87	88	89	85	86	87	88	89	85	86	87	88	89
Mangeltyp N	6	8	10	6	10	1	1	2	2	2	1	1	1	2	2
K	1	2	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mg	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
NK	2	-	2	2	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
KEIN Mangel	6	5	1	6	3	3	3	2	2	2	1	1	1	-	-

**Tabelle 27: Glein - KONTROLLNETZ ("Netz 86")**  
 Häufigkeitsverteilung der "Mangeltypen" bei den nur mit WUXAL gedüngten (Düngung 86 bzw. 86 und 87) und ungedüngten Probestämmen des "Netzes 86"

	Ungedüngt				Düngung 86				Düngung 86 und 87			
	86	87	88	89	86	87	88	89	86	87	88	89
Mangeltyp N	10	12	7	13	1	2	2	2	1	2	2	2
K	2	2	1	-	-	-	-	-	1	-	1	-
Mg	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
NK	-	3	2	2	-	-	-	-	-	1	-	-
NKMg	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
KEIN Mangel	8	2	10	5	3	2	2	2	2	1	1	1

Tabelle 28: Glein - KONTROLLNETZ ("Netz 85")

Häufigkeitsverteilung der Nährelementgehalte im Nadeljahrgang 1 nach den in Tabelle 1 angeführten Klassen der 1986 mit WUXAL gedüngten Probestämme (n=4) von 1985 bis 1989 (1: Mangel; 2: nicht ausreichend; 3: ausreichend)

Jahr	% N			% P			% K			% Ca			% Mg		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1985	1	2	1	-	-	4	-	-	4	-	-	4	-	1	3
1986	1	2	1	-	-	4	-	-	4	-	4	-	-	1	3
1987	2	2	-	-	1	3	-	1	3	-	4	-	-	1	3
1988	2	2	-	-	-	4	-	1	3	-	1	3	-	-	4
1989	2	2	-	-	-	4	-	1	3	-	3	1	-	1	3

Tabelle 29: Glein - KONTROLLNETZ ("Netz 86")

Häufigkeitsverteilung der Nährelementgehalte im Nadeljahrgang 1 nach den in Tabelle 1 angeführten Klassen der 1986 und 1987 mit WUXAL gedüngten Probestämme (n=4) von 1986 bis 1989 (1: Mangel; 2: nicht ausreichend; 3: ausreichend)

Jahr	% N			% P			% K			% Ca			% Mg		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1986	1	2	1	-	-	4	1	1	2	-	3	1	-	2	2
1987	3	1	-	-	-	4	1	-	3	-	4	-	-	3	1
1988	2	1	1	-	-	4	1	-	3	-	3	1	-	2	2
1989	3	1	-	-	-	4	1	-	3	-	2	2	1	1	2

Tabelle 30: Glein - KONTROLLNETZ ("Netz 86")

Häufigkeitsverteilung der Nährelementquotienten der 1986 bzw. 1986 und 1987 mit WUXAL gedüngten Probestämme in den Jahren 1986 bis 1989

		1986	1987	1988	1989
N/P	< 7.00	3	1	4	3
	7.01-10.00	5	7	4	5
	>10.00	-	-	-	-
N/K	< 1.00	-	-	-	-
	1.01- 3.00	5	6	6	6
	> 3.00	3	2	2	2
N/Ca	> 2.00	-	-	-	-
	2.01- 7.00	8	7	8	7
	> 7.00	-	1	-	1
N/Mg	< 8.00	-	-	-	-
	8.01-14.00	6	6	5	7
	>14.00	2	2	-	1
K/Ca	< 0.80	-	-	-	-
	0.81- 2.40	7	6	8	8
	> 2.40	1	2	-	-
K/Mg	< 2.20	-	-	1	-
	2.21- 6.40	8	8	6	7
	> 6.40	-	-	1	1
Ca/Mg	< 2.50	5	7	3	3
	2.51- 5.00	3	1	5	5
	> 5.00	-	-	-	-

Bäume aufwiesen. Außerdem fiel die Zunahme der Magnesiummittelwerte von 1987 auf 1988 bei den gedüngten Probebäumen etwas stärker aus.

Wie aus Tabelle 27 zu ersehen ist, kam es aber auch beim "Netz 86" analog zum "Netz 85" bei den gedüngten Bäumen zu keiner Abnahme der Mangelhäufigkeit. Nach den Häufigkeitsverteilungen der Klassifikation der Nährelementgehalte nach den Werten von Tabelle 1 kam es bei den gedüngten Bäumen der "Netze 85 und 86" keineswegs zu Zunahmen des Anteils mit einer ausreichenden Versorgung, der wesentlich über den Veränderungen der Häufigkeitsverteilungen der ungedüngten Probebäume des Kontrollnetzes gelegen wäre (vgl. Tabelle 28 mit Tabelle 8 und Tabelle 29 mit Tabelle 10).

Auch aus den Veränderungen der Anteile von Nährelementverhältnissen im harmonischen Bereich oder unter- und oberhalb desselben, ergeben sich keine Hinweise auf eine Wuxal-Wirkung, denn auch bei den ungedüngten Probebäumen war 1988 und 1989 eine Zunahme von Werten unterhalb des harmonischen N/P-Verhältnisses und eine Zunahme von Werten im harmonischen Bereich der Verhältnisse von K/Ca und Ca/Mg festzustellen gewesen (vgl. Tabelle 30 mit Tabelle 12).

### 3.1.8 Kontrollnetz - Nährelementgehalte der Nadeln und Bodenvorräte

Um Informationen über etwaige Störungen der Nährelementaufnahme zu erhalten, wurden die Vierjahres-Mittelwerte der ungedüngten Probebäume des "Netzes 86" mit den bei MAJER et al. (1989) erhaltenen Angaben über die Vorräte an den einzelnen Elementen an den Standorten der Probebäume verglichen. Für die Einstufung der Bodenvorräte waren die Ergebnisse der einzelnen Standorte, auf den Gebietsdurchschnitt bezogen, drei Klassen zugeordnet worden: Überdurchschnittlich, mittel und unterdurchschnittlich.

Der Gesamtmittelwert aller Probebäume auf Standorten mit überdurchschnittlichen Vorräten lag bei allen Elementen mehr oder minder deutlich über dem Gesamtmittelwert der Standorte mit

unterdurchschnittlichen Bodenvorräten, wie aus der folgenden Zusammenstellung zu ersehen ist:

	Bodenvorräte		Bodenvorräte	
	überdurchschnittlich (n)		unterdurchschnittlich (n)	
% N	1.281	(7)	1.234	(6)
% K	0.511	(8)	0.458	(7)
% Ca	0.351	(8)	0.265	(8)
% Mg	0.135	(8)	0.125	(6)

Wenn man jedoch die Bandbreite der Einzelbaumwerte der beiden "Bodengruppen" vergleicht, so besteht zwischen Vorräten und durchschnittlichen Nadelnährelementgehalten (4 Jahre) kaum ein gesicherter Zusammenhang, wie die folgende Auflistung der Bandbreiten für die einzelnen Elemente zeigt:

	Bodenvorräte		Bodenvorräte	
	überdurchschnittlich		unterdurchschnittlich	
% N	1.138	- 1.358	1.133	- 1.435
% K	0.313	- 0.758	0.343	- 0.608
% Ca	0.260	- 0.438	0.163	- 0.358
% Mg	0.105	- 0.175	0.083	- 0.125

Ein besserer Zusammenhang besteht dagegen zumindest bei einzelnen Elementen - nicht bei Stickstoff -, wenn man die Klassifikationsergebnisse der Einzelbaumwerte nach Tabelle 1 in den Jahren von 1986 bis 1989 heranzieht, daraus gewichtete Mittel berechnet und diese mit den Einstufungen der Bodenvorräte vergleicht, wie aus der folgenden Aufstellung der prozentuellen Anteile der Probebäume mit einer ausreichenden Versorgung in zwei bis vier Jahren (gewichtete Mittel  $\geq 2.50$ ) an den Probebäumen der "Bodengruppen" zu ersehen ist:

	Bodenvorräte		Bodenvorräte	
	überdurchschnittlich		unterdurchschnittlich	
K	62.5		42.9	
Ca	62.5		12.5	
Mg	75.0		16.7	

Bei der Bewertung der Feststellung, daß bei Kalium, Calcium und Magnesium wesentlich höhere Anteile von Probebäumen auf den Standorten mit überdurchschnittlichen Bodenvorräten zumindest

in der Hälfte der vier Untersuchungsjahre ausreichend versorgt waren, darf aber auch wieder nicht auf die Bandbreite der gewichteten Mittel der Einzelbäume vergessen werden. Diese lagen nämlich bei den beiden "Bodengruppen" bei den einzelnen Elementen in folgenden Bereichen:

	Bodenvorräte	
	überdurchschnittlich	unterdurchschnittlich
% K	1.25 - 3.00	1.50 - 3.00
% Ca	2.00 - 2.75	2.00 - 2.50
% Mg	2.00 - 3.00	1.75 - 2.75

Die "Sonderstellung" von Stickstoff dokumentiert sich bei dieser Bewertung darin, daß die Bereiche auf den Standorten mit überdurchschnittlichen Vorräten zwischen 1.00 bis 1.75 und in der anderen Gruppe zwischen 1.00 bis 2.25 lagen. Wie aus den angeführten Bandbreiten zu ersehen ist, wiesen z.B. Probebäume trotz höherer Stickstoffvorräte in allen vier Jahren Mangel auf oder es waren Bäume auf Standorten mit geringeren Kaliumvorräten in allen vier Jahren ausreichend versorgt.

Für die weite Streuung der Nadelanalysedaten und die stark variierenden "Klassifikationsmuster" bei den Probebäumen einer "Bodengruppe" sind außer den bei der Aufnahme und Verteilung wirksamen Antagonismen zumindest im Untersuchungsgebiet Glein auch noch Schädigungen im Wurzelbereich anzunehmen (TOMICZEK 1990).

### 3.2 Düngungsversuchsflächen 1989

Zur Dokumentation der Nährelementversorgung und Planung einer für 1989 vorgesehenen Düngung wurde 1988 mit der Untersuchung von zwei "Düngungsversuchsflächen" in den benachbarten Forstbetrieben Hatschek und Liechtenstein-Waldstein begonnen. In der FV-Hatschek wurde dafür von 6 und in der FV Liechtenstein-Waldstein von 9 Probebäumen Astmaterial gewonnen. Nach der Düngung mit 2000kg BASF-Spezialdünger/ha (N/K/Ca/Mg-4/11/16/18) im Frühjahr 1989 wurden die Astprobenentnahmen auf den gedüngten

und ungedüngten Parzellen der zwei Düngungsversuchsflächen im Herbst 1989 wiederholt. Für die Kontrolle der Düngerwirksamkeit stehen die Werte der Nadelproben von 3 gedüngten und 3 ungedüngten Bäumen aus der FV Hatschek und von 6 gedüngten und 3 ungedüngten Bäumen aus der FV Liechtenstein-Waldstein zur Verfügung. Die Ergebnisse der chemischen Nadelanalysen für die Nadeljahrgänge 1 und 2 sind für die Einzelbäume beider Düngungsversuchen im Anhang ausgewiesen.

### 3.2.1 "Düngungsversuchsfläche 1989" - FV Hatschek

#### 3.2.1.1 Stickstoff

Der mittlere Stickstoffgehalt im Nadeljahrgang 1 der 6 Probestämme lag 1988 bei 1.260 % N, während der Bereich der Einzelbaumwerte von 1.13 bis 1.41 % N reichte. Wie aus Tabelle 31 zu ersehen ist, lag der Mittelwert der Kontrolle im Jahre 1988 über dem Mittelwert der für die Düngung vorgesehenen Probestämme. Bei einer Beurteilung nach den in Tabelle 1 angeführten Werten bestand bei je der Hälfte der Probestämme 1988 eine mangelhafte oder nicht ausreichende Versorgung mit Stickstoff (siehe Tabelle 32).

Während der mittlere Stickstoffgehalt der Kontrollbäume 1989 unter dem Wert des Vorjahres lag (1.257 % N gegenüber 1.283 % N), stieg der Mittelwert der 1989 gedüngten Probestämme von 1.237 % N im Jahre 1988 auf 1.420 % N im Jahre 1989 an. Bei Berücksichtigung der Abnahme des Stickstoff-Mittelwertes der Kontrollbäume von 1988 auf 1989 kam es bei den gedüngten Probestämmen zu einer Zunahme des mittleren Stickstoffgehaltes von rund 17 Prozent.

Während bei den Kontrollbäumen 1989 keine Veränderungen der Stickstoff-Klassifikationen nach Tabelle 1 gegenüber 1988 festzustellen waren, wies bei den gedüngten Probestämmen 1989 nur noch einer einen Mangel an Stickstoff auf und einer eine ausreichende Versorgung, was 1988 bei keinem Probestamm dieser Versuchsfläche der Fall gewesen war.

**Tabelle 31: Glein - "Düngungsfläche 1989"/FV-Hatschek**  
 Bereiche und Mittelwerte der Nährelementgehalte im Nadeljahrgang 1 der gedüngten (Düngung 1989\*) und ungedüngten Probestämme in den Jahren 1988 und 1989

	Düngung 89*		Kontrolle	
	1988	1989*	1988	1989
% N	1.15 - 1.32 1.237	1.27 - 1.53 1.420	1.13 - 1.41 1.283	1.09 - 1.35 1.257
% P	0.19 - 0.20 0.193	0.20 - 0.22 0.213	0.18 - 0.24 0.203	0.18 - 0.24 0.210
% K	0.33 - 0.61 0.453	0.60 - 0.81 0.720	0.24 - 0.39 0.317	0.27 - 0.36 0.327
% Ca	0.33 - 0.39 0.360	0.38 - 0.43 0.400	0.24 - 0.32 0.273	0.29 - 0.36 0.320
% Mg	0.09 - 0.15 0.117	0.09 - 0.12 0.100	0.08 - 0.12 0.100	0.07 - 0.12 0.093
% S	0.10 - 0.11 0.107	0.11 - 0.12 0.117	0.10 - 0.12 0.110	0.11 - 0.11 0.110

**Tabelle 32: Glein - "Düngungsfläche 1989" FV-Hatschek**  
 Häufigkeitsverteilung der Nährelementgehalte im Nadeljahrgang 1 nach den in Tabelle 1 angeführten Klassen der gedüngten (Düngung 1989\*) und ungedüngten Probestämme in den Jahren 1988 und 1989 (1: Mangel; 2: nicht ausreichend; 3: ausreichend)

Jahr	Düngung 89*														
	% N			% P			% K			% Ca			% Mg		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1988	2	1	-	-	-	3	1	1	1	-	2	1	-	2	1
1989	1	1	1	-	-	3	-	-	3	-	-	3	-	2	1

Jahr	Kontrolle														
	% N			% P			% K			% Ca			% Mg		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1988	1	2	-	-	-	3	2	1	-	-	3	-	-	2	1
1989	1	2	-	-	-	3	1	2	-	-	3	-	1	1	1

### 3.2.1.2 Phosphor

Die Phosphorgehalte der 6 Probebäume lagen 1988 im Bereich von 0.18 bis 0.24 % P; der Mittelwert der für die Düngung im Jahre 1989 vorgesehenen Bäume lag mit 0.193 % P etwas unter dem Mittelwert der Kontrollbäume mit 0.203 % P.

Wie aus Tabelle 32 zu ersehen ist, wiesen sowohl 1988 als auch 1989 alle Probebäume dieser Düngungsversuchsfläche eine ausreichende Versorgung mit Phosphor auf. Der Mittelwert der 1989 gedüngten Probebäume wies mit 0.213 % P im Jahre 1989 gegenüber 0.193 % P im Jahre 1988 eine stärkere Zunahme auf als der der Kontrollbäume, bei denen nur eine Zunahme von 0.203 % P auf 0.210 % P vorhanden war.

### 3.2.1.3 Kalium

Die Bereiche und Mittelwerte der Kaliumgehalte der Nadelproben der Kontrollbäume und der für die Düngung im Jahre 1989 vorgesehenen Bäume wiesen im Gegensatz zu Stickstoff und Phosphor im Jahre 1988 größere Unterschiede auf. Der Mittelwert der 1989 gedüngten Bäume lag im Jahre 1988 mit 0.453 % K bereits deutlich über dem Mittelwert der Kontrollbäume mit 0.317 % K, die auch eine geringere Bandbreite der Einzelbaumwerte aufwiesen (siehe Tabelle 31).

Dies wirkte sich auch auf die Klassifikation der Nährelementgehalte nach Tabelle 1 aus, denn von den drei Kontrollbäumen wiesen nach den Ergebnissen der chemischen Nadelanalysen zwei Bäume einen Kalium-Mangel und einer eine nicht ausreichende Versorgung mit Kalium auf; bei den dann 1989 gedüngten Probebäumen wies dagegen im Jahre 1988 nur einer eine mangelhafte und einer eine ausreichende Versorgung auf (siehe Tabelle 32).

Nach der Düngung im Jahre 1989 stieg der Mittelwert der gedüngten Probebäume 1989 auf 0.720 % K, nachdem er im Vorjahr bereits 0.453 % K betragen hatte. Der mittlere Kaliumgehalt der ungedüngten Kontrollbäume stieg dagegen nur minimal von 0.317 % K im Jahre 1988 auf 0.327 % K im Jahre 1989.

Bei den Klassifikationen nach Tabelle 1 kam es von 1988 auf 1989 auch bei den Kontrollbäumen insofern zu einer Verbesserung, als nämlich 1989 nur noch einer einen Mangel an Kalium und zwei eine nicht ausreichende Kaliumversorgung aufwiesen, während es 1988 noch umgekehrt war. Nach den deutlichen Anstiegen der Kaliumwerte der gedüngten Probebäume (Bereich 1989: 0.60 bis 0.81 % K) wiesen 1989 alle eine ausreichende Versorgung auf.

#### 3.2.1.4 Calcium

Ebenso wie bei Kalium lag auch bei Calcium der Mittelwert der zu düngenden Probebäume im Jahre 1988 deutlich über dem der Kontrollbäume (0.360 % Ca gegenüber 0.273 % Ca). Damit war bereits 1988 ein etwas besseres Klassifikationsergebnis für die "Düngungsbäume" gegenüber den Kontrollbäumen gegeben: auf der Kontrollfläche wiesen alle drei Bäume eine nicht ausreichende Versorgung mit Calcium auf, was bei den zu düngenden Bäumen nur auf zwei zutraf.

Gegenüber 1988 wiesen die Calcium-Mittelwerte beider Gruppen 1989 in etwa die selbe Zunahme auf. Dies wirkte sich aber nur bei den gedüngten Bäumen auf das Klassifikationsergebnis nach Tabelle 1 aus. Während von den Kontrollbäumen 1989 so wie 1988 alle eine nicht ausreichende Calciumversorgung aufwiesen, lagen die Calciumwerte aller gedüngten Bäume 1989 im ausreichenden Bereich.

#### 3.2.1.5 Magnesium

Die Magnesiummittelwerte der Kontrollbäume lagen sowohl 1988 als auch 1989 unter den entsprechenden Werten der "Düngungsbäume"; in beiden Gruppen kam es aber zu Abnahmen der Mittelwerte von 1988 auf 1989. Nachdem 1988 in beiden Gruppen jeweils ein Probebaum ausreichend und zwei Bäume nicht ausreichend mit Magnesium versorgt gewesen waren, kam es bei Magnesium als einzigem Element 1989 insofern zu einer Verschlechterung, als 1989 ein ungedüngter Kontrollbaum einen Mangel an Magnesium aufwies, während für die Düngungsfläche keine Veränderungen bei den Klassifikationsergebnissen nach Tabelle 1 eintraten.

### 3.2.1.6 Schwefel

Die mittleren Schwefelgehalte der 6 Probebäume lagen sowohl 1988 als auch 1989 in der selben Größenordnung wie die des Kontrollnetzes in der FV-Hatschek. Sowohl 1988 als auch 1989 lag der Bereich der Schwefelgehalte zwischen 0.10 und 0.12, während der Mittelwert von 0.108 auf 0.113 % S und die Zahl von Grenzwertüberschreitungen von 1 auf 2 anstieg.

### 3.2.1.7 Nährelementverhältnisse

Da es bei den gedüngten Kontrollbäumen von 1988 auf 1989 nicht nur zu Anhebungen des Stickstoffgehaltes, sondern auch zu mehr oder minder starken Zunahmen der Phosphor-, Kalium- und Calciumgehalte kam, ergaben sich bei den Mittelwerten der Nährelementquotienten dieser Elemente mit Stickstoff nur beim N/K-Verhältnis im Zusammenhang mit der deutlichen Zunahme der Kaliumgehalte stärkere Veränderungen (siehe Tabelle 33). Auf Grund der Zunahme der Stickstoffgehalte bei gleichzeitiger Abnahme der Magnesiumgehalte erfuhr das N/Mg-Verhältnis eine deutliche Zunahme. Aus dem Vergleich mit dem Wert der Kontrolle läßt sich aber auch für das N/Ca-Verhältnis eine stärkere Zunahme ablesen. Im Zusammenhang mit der deutlichen Zunahme der Kaliumgehalte in den Proben der Düngungsparzelle lagen die Zunahmen und Mittelwerte der K/Ca- und K/Mg-Verhältnisse deutlich über den Werten der Kontrollfläche.

Aus den Häufigkeitsverteilungen der Nährelementquotienten in den Jahren 1988 und 1989 (siehe Tabelle 34) läßt sich insofern eine Verbesserung ersehen, als das N/K-Verhältnis aller gedüngten Probebäume 1989 im harmonischen Bereich lag, während dies bei den ungedüngten Probebäumen bei keinem mehr der Fall war. Ebenso wie 1988 lagen auch 1989 alle N/P-Verhältnisse der gedüngten Probebäume unterhalb des harmonischen Bereichs, im Gegensatz zu den ungedüngten Bäumen waren die N/P-Quotienten aber angestiegen. Auch bei den Verteilungen der Verhältnisse N/Ca, K/Ca und Ca/Mg, die 1988 bei allen Probebäumen im harmonischen Bereich gelegen waren, kam es durch die Düngung zu kei-

**Tabelle 33: Glein - "Düngungsfläche 1989"/FV-Batschek**

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

	Düngung 89*		Kontrolle	
	1988	1989*	1988	1989
N/P	6.05 - 6.60 6.39	6.35 - 6.95 6.65	5.46 - 7.83 6.41	5.19 - 7.50 6.08
N/K	2.16 - 3.48 2.86	1.80 - 2.12 1.99	2.90 - 5.88 4.29	3.03 - 5.00 3.94
N/Ca	3.38 - 3.48 3.43	2.95 - 4.03 3.57	4.09 - 5.42 4.74	3.69 - 4.35 3.93
N/Mg	8.8 - 12.8 10.97	12.8 - 16.2 14.37	10.9 - 14.1 13.03	11.1 - 15.6 13.90
K/Ca	1.00 - 1.59 1.25	1.40 - 2.08 1.82	0.92 - 1.63 1.18	0.87 - 1.24 1.03
K/Mg	3.67 - 4.07 3.85	6.25 - 9.00 7.31	2.40 - 4.88 3.32	2.92 - 5.14 3.69
Ca/Mg	2.60 - 3.67 3.18	3.17 - 4.78 4.09	2.60 - 3.00 2.76	3.00 - 4.14 3.53

**Tabelle 34: Glein - "Düngungsfläche 1989"/FV-Batschek**

Häufigkeitsverteilung der Nährelementquotienten im Nadeljahrgang 1 der gedüngten (Düngung 1989\*) und ungedüngten Probebäume in den Jahren 1988 und 1989

	Düngung 89*		Kontrolle		
	1988	1989*	1988	1989	
N/P	< 7.00	3	3	2	2
	7.01-10.00	-	-	1	1
	>10.00	-	-	-	-
N/K	< 1.00	-	-	-	-
	1.01- 3.00	2	3	1	-
	> 3.00	1	-	2	3
N/Ca	< 2.00	-	-	-	-
	2.01- 7.00	3	3	3	3
	> 7.00	-	-	-	-
N/Mg	< 8.00	-	-	-	-
	8.01-14.00	3	1	1	1
	>14.00	-	2	2	2
K/Ca	< 0.80	-	-	-	-
	0.81- 2.40	3	3	3	3
	> 2.40	-	-	-	-
K/Mg	< 2.20	-	-	-	-
	2.21- 6.40	3	1	3	3
	> 6.40	-	2	-	-
Ca/Mg	< 2.50	-	-	-	-
	2.51- 5.00	3	3	3	3
	> 5.00	-	-	-	-

**Tabelle 35: Glein - "Düngungsfläche 1989"/FV-Batschek**  
 Mittelwerte der Verhältnisse der Nährelementgehalte im Nadeljahrgang 2 zu denen im Nadeljahrgang 1 (=1.00) der gedüngten (Düngung 1989\*) und ungedüngten Probestämme in den Jahren 1988 und 1989

		N2:N1	P2:P1	K2:K1	Ca2:Ca1	Mg2:Mg1
Düngung 89*	88	0.95	0.90	0.79	1.16	0.79
	89*	0.98	0.94	0.88	1.49	0.96
Kontrolle	88	0.88	0.91	0.73	1.56	0.95
	89	0.95	0.93	0.71	1.77	1.23

**Tabelle 36: Liechtenstein/Waldstein - "Düngungsfläche 1989"**  
 Bereiche und Mittelwerte der Nährelementgehalte im Nadeljahrgang 1 der gedüngten (Düngung 1989\*) und ungedüngten Probestämme in den Jahren 1988 und 1989

Jahr	Kontrolle (n=3)	Düngung* (Gesamt) (n=6)	Düngung* (Oberhang) (n=3)	Düngung* (Unterhang) (n=3)
% N 88	1.25 - 1.50 1.347	1.24 - 1.45 1.340	1.29 - 1.45 1.373	1.24 - 1.39 1.307
	89	1.25 - 1.40 1.303	1.36 - 1.56 1.543	1.36 - 1.53 1.443
% P 88	0.15 - 0.20 0.167	0.11 - 0.21 0.172	0.11 - 0.21 0.170	0.14 - 0.21 0.173
	89	0.16 - 0.20 0.183	0.12 - 0.23 0.177	0.12 - 0.18 0.157
% K 88	0.23 - 0.57 0.413	0.34 - 0.89 0.495	0.34 - 0.89 0.583	0.36 - 0.50 0.407
	89	0.25 - 0.51 0.357	0.55 - 0.93 0.707	0.55 - 0.93 0.703
% Ca 88	0.47 - 0.52 0.497	0.27 - 0.67 0.467	0.46 - 0.67 0.560	0.27 - 0.45 0.373
	89	0.28 - 0.48 0.370	0.36 - 0.69 0.508	0.45 - 0.62 0.527
% Mg 88	0.08 - 0.17 0.137	0.11 - 0.18 0.132	0.11 - 0.18 0.147	0.09 - 0.11 0.117
	89	0.07 - 0.12 0.097	0.09 - 0.14 0.117	0.09 - 0.14 0.120

nen Verschiebungen. Im Zusammenhang mit der Düngung steht aber die geänderte Verteilung der K/Mg-Verhältnisse; während alle ungedüngten Bäume weiterhin harmonische K/Mg-Verhältnisse aufwiesen, war dies bei den gedüngten Bäumen nicht mehr der Fall.

#### 3.2.1.8 Nährelementgehalte im Nadeljahrgang 2

Wie aus den Mittelwerten der Verhältnisse der Nährelementgehalte im Nadeljahrgang 2 zu denen im Nadeljahrgang 1 in Tabelle 35 zu ersehen ist, kam es bei den gedüngten Probebäumen bei allen Quotienten 1989 gegenüber 1988 zu Zunahmen, was bei den ungedüngten Bäumen mit Ausnahme von Kalium auch der Fall war. Während die Zunahme der Quotienten von Stickstoff und Phosphor bei beiden Gruppen noch annähernd gleich war, war bei den gedüngten Bäumen die Zunahme des Ca-Quotienten größer und die des Mg-Quotienten kleiner als bei den ungedüngten Probebäumen.

#### 3.2.2 "Düngungsversuchsfläche 1989" FV Liechtenstein - Waldstein

Auf Grund der topographischen Situation der Düngungsfläche wurde bei den sechs gedüngten Probebäumen bei der Auswertung auch noch zwischen den jeweils drei Probebäumen des Oberhanges beziehungsweise des Unterhanges unterschieden.

##### 3.2.2.1 Stickstoff

Wie aus Tabelle 36 zu ersehen ist, lagen die Stickstoffgehalte der 9 Probebäume 1988 im Bereich von 1.24 bis 1.50 % N; dieser Bereich entspricht auch fast dem der drei Kontrollbäume, die dann 1989 nicht gedüngt wurden. Der Mittelwert der Kontrollbäume lag 1988 bei 1.347 % N und der für die Düngung vorgesehenen Probebäume bei 1.340 % N; während die Probebäume des Oberhanges 1988 im Mittel einen Gehalt von 1.373 % N aufwiesen, lag dieser bei denen des Unterhanges nur bei 1.307% N.

Bei einer Beurteilung nach den in Tabelle 1 angeführten Werten, ergab sich für mehr als die Hälfte der 9 Probestämme 1988 eine mangelhafte Stickstoff-Versorgung; kein Probestamm war 1988 ausreichend mit Stickstoff versorgt (siehe Tabelle 37).

Tabelle 37: Glein - "Düngungsfläche 1989" FV/Liechtenstein-Waldstein  
Häufigkeitsverteilung der Nährelementgehalte im Nadeljahrgang 1 nach den in Tabelle 1 angeführten Klassen der gedüngten (Düngung 1989\*) und ungedüngten Probestämme in den Jahren 1988 und 1989 (1: Mangel; 2: nicht ausreichend; 3: ausreichend)

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

Während der mittlere N-Gehalt der Kontrollbäume 1989 unter dem Wert des Vorjahres lag (1.303 % N gegenüber 1.347 % N), stieg der Mittelwert der sechs gedüngten Probestämme von 1.340 % N im Jahre 1988 auf 1.543 % N im Jahre 1989 an. Die Steigerung fiel bei den gedüngten Probestämmen des Unterhangs wesentlich stärker als bei denen des Oberhangs aus. Während der N-Gehalt am Oberhang im Jahre 1989 rund 105 Prozent des N-Wertes von 1988 betrug und bei 1.443 % N lag, stieg der N-Mittelwert der Proben des Unterhangs 1989 auf rund 126 Prozent des Wertes von 1988 und lag bei 1.643 % N.

Bei Berücksichtigung der Abnahme des N-Mittelwertes der Kontrollbäume von 1988 auf 1989 bedeutet die Veränderung von 1988 auf 1989 bei den gedüngten Probestämmen des Oberhangs eine Zunahme des mittleren N-Gehaltes von rund 10 Prozent und bei denen des Unterhangs von rund 30 Prozent.

Während bei den Kontrollbäumen keine Veränderungen der N-Klassifikationen entsprechend Tabelle 1 festzustellen waren (in

beiden Jahren wiesen jeweils 2 Probebäume eine mangelhafte und ein Probebaum eine nicht ausreichende Versorgung auf), kam es bei den gedüngten Probebäumen vor allem am Unterhang zu deutlichen Verschiebungen der N-Klassifikationen. Nachdem 1988 am Unterhang ebenso wie bei den Kontrollbäumen zwei Probebäume eine mangelhafte und ein Probebaum eine nicht ausreichende Versorgung aufgewiesen hatten, lagen die N-Gehalte aller drei Probebäume 1989 im ausreichenden Bereich. Auch bei den gedüngten Probebäumen des Oberhanges kam es 1989 gegenüber 1988 zu positiven Veränderungen der Stickstoff-Klassifikation; nachdem 1988 ein Probebaum eine mangelhafte und zwei Probebäume eine nicht ausreichende N-Versorgung aufgewiesen hatten, waren 1989 zwei Probebäume nicht ausreichend und ein Probebaum ausreichend mit Stickstoff versorgt. Nachdem 1988 von den gedüngten Probebäumen noch jeweils eine Hälfte eine mangelhafte oder unzureichende N-Versorgung aufgewiesen hatten, wiesen 1989 zwei Drittel eine ausreichende und ein Drittel eine nicht ausreichende Versorgung auf.

Während das gewichtete Jahresmittel der N-Klassifikationen bei den Kontrollbäumen mit 1.33 in den Jahren 1988 und 1989 das selbe war, stieg es bei den Probebäumen des Oberhanges von 1.67 auf 2.33 und bei den Probebäumen des Unterhanges von 1.33 auf den Optimalwert von 3.00.

#### 3.2.2.2 Phosphor

Die Phosphorgehalte der 9 Probebäume lagen 1988 im Bereich von 0.11 bis 0.21 % P; der P-Mittelwert betrug bei den Kontrollbäumen, die 1989 nicht gedüngt wurden, 0.167 % P und lag bei den 6 für die Düngung vorgesehenen Probebäumen bei 0.172 % P. Im Gegensatz zu den N-Gehalten waren die P-Mittelwerte der Proben vom Ober- bzw. Unterhang mit 0.170 bzw. 0.173 annähernd gleich. Wie aus Tabelle 27 zu ersehen ist, wies nur ein Probebaum am Oberhang 1988 nach Tabelle 1 eine mangelhafte P-Versorgung auf, während die anderen 8 Probebäume ausreichend mit Phosphor versorgt waren.

Sowohl bei den Kontrollbäumen als auch bei den 1989 gedüngten Probebäumen lagen die Mittelwerte der Phosphorgehalte 1989 über denen des Jahres 1988. Bei den Kontrollbäumen stieg der mittlere Phosphorgehalt 1989 auf rund 110 Prozent des Wertes von 1988 bzw. 0.183 % P und bei den 6 gedüngten Probebäumen auf rund 103 Prozent des Wertes von 1988 bzw. 0.177 % P. Auch bei Phosphor bestand aber zwischen Oberhang und Unterhang ein deutlicher Unterschied: Am Oberhang sank nämlich der Mittelwert im Jahre 1989 auf rund 92 Prozent des Wertes von 1988 ab, während er am Unterhang auf rund 114 Prozent des Wertes von 1988 stieg. Gegenüber 1988 ergab sich für 1989 bei den Zuordnungen der Werte nach Tabelle 1 nur insofern eine Veränderung der P-Versorgung als der eine Probebaum, der 1988 Mangel aufwies, 1989 nur noch als nicht ausreichend versorgt zu klassifizieren war, während die anderen 8 Probebäume weiterhin ausreichend mit Phosphor versorgt waren.

### 3.2.2.3 Kalium

Die Kaliumgehalte lagen bei den 9 Probebäumen im Jahre 1988 zwischen 0.23 und 0.89% K. Der Mittelwert der Kontrollbäume lag mit 0.413% K deutlich unter dem der für die Düngung vorgesehenen Probebäume mit 0.495% K; dieses Ergebnis beruht in erster Linie auf den Resultaten der Probebäume des Oberhanges, die 1988 einen Mittelwert von 0.583% K aufwiesen, während der Mittelwert der Unterhangproben mit 0.407% K dem der Kontrollbäume entsprach (siehe Tabelle 36). Bei einer Beurteilung der Klassenwerte der Einzelbäume nach den in Tabelle 1 angeführten Werten bestand bei einem Kontrollbaum eine mangelhafte und bei drei Probebäumen, die 1989 gedüngt werden sollten, eine nicht ausreichende Versorgung (siehe Tabelle 37).

Während der Kaliummittelwert der Kontrollbäume 1989 mit 0.357% K unter dem Mittelwert des Jahres 1988 (0.413% K) lag, stieg der Mittelwert der gedüngten Proben von 0.495% K im Jahre 1988 auf 0.707% K im Jahre 1989. Ebenso wie bei Stickstoff und Phosphor lag auch bei Kalium die Zunahme am Unterhang erheblich über der am Oberhang: Am Oberhang stieg der Kaliummittelwert 1989 zwar auf rund 121 Prozent des Wertes von 1988, am Unter-

hang aber auf 174 Prozent des Wertes von 1988. Bei Berücksichtigung der Abnahme des Kaliummittelwertes der Kontrollbäume bedeutet dies eine Zunahme um rund 35 Prozent am Oberhang und um rund 90 Prozent am Unterhang im Jahre 1989 im Vergleich zu 1988.

Während die Kaliumversorgung der Kontrollbäume 1989 gegenüber 1988 eine Verschlechterung erfuhr (zwei Probestämme Mangel, einer ausreichend), wiesen von den gedüngten Probestämmen 1989 alle eine ausreichende Kaliumversorgung auf.

#### 3.2.2.4 Calcium

Der Bereich der Calciumwerte der 9 Probestämme lag 1988 zwischen 0.27 und 0.67% Ca. Der Mittelwert der Kontrollbäume lag mit 0.497% Ca geringfügig über dem der 1989 zu düngenden Probestämme mit 0.467% Ca; auch beim Calcium besteht aber wieder ein deutlicher Unterschied innerhalb dieser Gruppe, denn während der Mittelwert der Probestämme des Oberhanges 0.560% Ca betrug, lag er bei den Bäumen am Unterhang nur bei 0.373% Ca. Von den 9 Probestämmen wiesen im Jahre 1988 acht eine ausreichende und nur ein Probestamm am Unterhang der Düngungsfläche eine nicht ausreichende Versorgung auf.

Während es bei den Kontrollbäumen von 1988 auf 1989 zu einer deutlichen Abnahme des Calcium-Mittelwertes kam, stieg dieser bei den Probestämmen der Düngungsfläche an; ebenso wie bei Phosphor beruht diese Zunahme aber nur auf dem Resultat der Probestämme des Unterhanges, denn der Mittelwert des Oberhanges sank von 1988 auf 1989 zwar in geringerem Umfang als der der Kontrollbäume, aber doch ab. Bei den gedüngten Bäumen trat 1989 gegenüber 1988 keine Veränderung der Klassifikation ein; bei den ungedüngten Probestämmen nahm der Anteil mit einer nicht ausreichenden Versorgung dagegen deutlich zu, erfuhr also eine Verschlechterung.

### 3.2.2.5 Magnesium

Wie aus Tabelle 36 zu ersehen ist lagen die Magnesiumwerte bei den 9 Probebäumen 1988 zwischen 0.08 und 0.18% Mg. Der Mittelwert der 3 Kontrollbäume lag mit 0.137% Mg geringfügig über dem der Probebäume der Düngungsflächen mit 0.132% Mg; ebenso wie bei Stickstoff, Kalium und Calcium lag bei dieser Gruppe der Magnesiummittelwert des Oberhanges über dem des Unterhanges.

Nach den Beurteilungswerten von Tabelle 1 wiesen 1988 vier Probebäume eine nicht ausreichende und 5 eine ausreichende Magnesiumversorgung auf.

Bei den Kontrollbäumen kam es ebenso wie bei Kalium und Calcium auch bei Magnesium von 1988 auf 1989 zu einer deutlichen Abnahme des Mittelwertes; mit 0.097% Mg lag der Mittelwert des Jahres 1989 nur bei rund 70 Prozent des entsprechenden Wertes von 1988. Auch bei den 1989 gedüngten Probebäumen sank der Magnesium-Mittelwert 1989 gegenüber 1988, die Abnahme betrug aber nur rund 11 Prozent des Wertes von 1988 gegenüber rund 30 Prozent bei den Kontrollbäumen. Sowohl am Oberhang als auch am Unterhang sank der Magnesium-Mittelwert von 1988 auf 1989 ab, am Unterhang aber wesentlich weniger als am Oberhang. Während bei den 1989 gedüngten Probebäumen von 1988 auf 1989 keine Veränderungen bei den Klassenzuteilungen nach Tabelle 1 eintraten (siehe Tabelle 28), wies von den Kontrollbäumen im Jahre 1989 einer Mangel, einer eine nicht ausreichende und einer ausreichende Versorgung auf; 1988 hatten noch zwei Kontrollbäume eine ausreichende und einer eine nicht ausreichende Versorgung aufgewiesen.

### 3.2.2.6 Schwefel

Die Schwefelgehalte (n=9) lagen 1988 beim Nadeljahrgang 1 zwischen 0.09 und 0.11 % S und beim Nadeljahrgang 2 zwischen 0.08 und 0.15 % S; 1989 stieg der Maximalwert beim Nadeljahrgang 1 auf 0.13 % S, während er beim Nadeljahrgang 2 unverändert blieb. Der Mittelwert des Nadeljahrganges 1 stieg von 0.102 % S im Jahre 1988 auf 0.106% S im Jahre 1989 und der des Nadeljahrganges 2 von 0.109 % S auf 0.116 % S. In beiden Untersuchungsjahren wies jeweils ein Baum Grenzwertüberschreitungen auf,

während die übrigen 8 nach den Klassifikationswerten der Tabellen 2 und 3 in die Gesamtklassifikation 2 einzustufen waren.

### 3.2.2.7 Nährelementverhältnisse

Ebenso wie beim Parallelversuch in der Forstverwaltung Hatschek kam es bei den gedüngten Probebäumen zu Anstiegen aller angeführten Nährelementquotienten mit Ausnahme des Verhältnisses von N/K. Deutliche Unterschiede zwischen den beiden Versuchen bestanden dagegen bei den Veränderungen der Mittelwerte der Nährelementverhältnisse der Kontrollbäume; gleichgerichtete Veränderungen bestanden nur bei den Verhältnissen von N/P (-), N/Mg (+) und K/Mg (+).

Auf der Versuchsfläche Liechtenstein-Waldstein kam es sowohl bei den gedüngten als auch bei den ungedüngten Probebäumen von 1988 auf 1989 zu Anstiegen der Verhältnisse von N/Ca, N/Mg, K/Ca und K/Mg, wobei die Anstiege der zuletzt genannten Quotienten auf den Düngungspartellen düngungsbedingt stärker ausfielen (siehe Tabelle 38).

Wie aus Tabelle 39, in der die Häufigkeitsverteilungen der einzelnen Nährelementquotienten auf drei Bereiche ausgewiesen sind, zu ersehen ist, kam es bei den gedüngten Probebäumen bei den Verhältnissen N/P, N/K und K/Ca 1989 gegenüber 1988 zu deutlichen Zunahmen der Anteile im harmonischen Bereich, während bei den Kontrollbäumen bei den zuletzt genannten drei Quotienten keine Veränderungen eintraten (K/Ca) oder wie bei N/P und N/K eine Abnahme des Anteils im harmonischen Bereich festzustellen war. Auf den Düngungspartellen wiesen durch die Zunahme gegenüber 1988 alle Probebäume im Jahre 1989 ein "harmonisches" N/K- und K/Ca-Verhältnis auf; ebenso wie bereits 1988 war auch 1989 bei allen gedüngten Bäumen ein N/Ca-Verhältnis im harmonischen Bereich festzustellen.

Im Gegensatz zu den Kontrollbäumen gingen aber auf den Düngungspartellen bei den Verhältnissen N/Mg, K/Mg und Ca/Mg die Anteile im harmonischen Bereich zurück.

**Tabelle 38: Glein - "Düngungsfläche 1989" FV/Liechtenstein-Waldstein**  
 Bereiche und Mittelwerte der Nährelementquotienten im Nadeljahr-  
 gang 1 der gedüngten (Düngung 1989\*) und ungedüngten Probestämme  
 in den Jahren 1988 und 1989

		Kontrolle	Düng.*(Ges.)	Düng.*(Oberh.)	Düng*(Unterh.)
N/P	88	7.50- 8.60 8.14	5.90-11.73 8.23	6.57-11.73 8.64	5.90- 9.93 7.81
	89	6.58- 7.88 7.15	7.39-11.33 8.94	8.47-11.33 9.43	7.39- 9.28 8.45
N/K	88	2.26- 6.52 3.87	1.45- 4.26 3.05	1.45- 4.26 2.79	2.48- 3.86 3.31
	89	2.47- 5.60 4.03	1.46- 2.78 2.25	1.46- 2.78 2.18	2.05- 2.49 2.32
N/Ca	88	2.40- 3.19 2.72	2.06- 4.78 3.09	2.06- 3.15 2.52	3.09- 4.78 3.66
	89	2.63- 4.46 3.70	2.32- 4.33 3.20	2.32- 3.40 2.80	2.42- 4.33 3.60
N/Mg	88	7.59-15.63 10.87	7.67-15.44 10.75	7.67-11.73 9.69	8.27-15.44 11.81
	89	10.50-17.86 14.12	10.29-16.70 13.52	10.29-15.11 12.39	13.08-16.70 14.65
K/Ca	88	0.49- 1.14 0.83	0.74- 1.62 1.09	0.74- 1.62 1.05	0.80- 1.33 1.13
	89	0.71- 1.11 0.96	0.97- 2.11 1.47	1.02- 1.82 1.35	0.97- 2.11 1.58
K/Mg	88	1.44- 5.50 3.43	2.27- 8.09 3.98	2.27- 8.09 4.42	3.27- 4.00 3.53
	89	2.50- 4.43 3.73	4.23-10.33 6.34	4.23-10.33 6.35	5.38- 6.91 6.33
Ca/Mg	88	2.94- 6.50 4.13	2.45- 5.00 3.65	3.07- 5.00 3.93	2.45- 5.00 3.37
	89	3.50- 4.00 3.83	3.23- 6.90 4.50	3.46- 5.67 4.52	3.23- 6.90 4.47

**Tabelle 39: Glein - "Düngungsfläche 1989"/FV-Liechtenstein-Waldstein**  
 Häufigkeitsverteilung der Nährelementquotienten im Nadeljahr-  
 gang 1 der gedüngten (Düngung 1989\*) und ungedüngten Probebäume  
 in den Jahren 1988 und 1989

		Düngung 89*		Kontrolle	
		1988	1989*	1988	1989
N/P	< 7.00	2	-	-	2
	7.01-10.00	3	5	3	1
	>10.00	1	1	-	-
N/K	< 1.00	-	-	-	-
	1.01- 3.00	3	6	2	1
	> 3.00	3	-	1	2
N/Ca	< 2.00	-	-	-	-
	2.01- 7.00	6	6	3	3
	> 7.00	-	-	-	-
N/Mg	< 8.00	1	-	1	-
	8.01-14.00	4	3	1	2
	>14.00	1	3	1	1
K/Ca	< 0.80	3	-	1	1
	0.81- 2.40	3	6	2	2
	> 2.40	-	-	-	-
K/Mg	< 2.20	-	-	1	-
	2.21- 6.40	5	3	2	3
	> 6.40	1	3	-	-
Ca/Mg	< 2.50	1	-	-	-
	2.51- 5.00	5	4	2	3
	> 5.00	-	2	1	-

**Tabelle 40: Glein - "Düngungsfläche 1989" /FV-Liechtenstein-Waldstein**  
 Mittelwerte der Verhältnisse der Nährelementgehalte  
 im Nadeljahrgang 2 zu denen im Nadeljahrgang 1 (=1.00)  
 der gedüngten (Düngung 1989\*) und ungedüngten Probebäume  
 in den Jahren 1988 und 1989

		N2:N1	P2:P1	K2:K1	Ca2:Ca1	Mg2:Mg1
Düngung 89*	88	0.93	0.76	0.78	1.46	0.97
	89*	0.93	0.88	0.83	1.71	1.05
Kontrolle	88	0.93	0.96	0.81	0.93	0.82
	89	0.96	0.78	0.75	2.04	1.13

### 3.2.7.8 Nährelementgehalte im Nadeljahrgang 2

Wie aus den Mittelwerten der Verhältnisse der Nährelementgehalte im Nadeljahrgang 2 zu denen im Nadeljahrgang 1 in Tabelle 40 zu ersehen ist, kam es auch in der Forstverwaltung Liechtenstein-Waldstein auf den Düngungspartellen bei allen Nährelementen zu Zunahmen der Quotienten, während bei den Kontrollbäumen sowohl der Phosphor- als auch der Kaliumquotient zurückgingen. Ebenso wie auch beim Parallelversuch in der Forstverwaltung Hatschek stieg der Magnesiumquotient bei den gedüngten Bäumen aber weniger an, was mit der Düngung in Zusammenhang steht.

### 3.2.3 Vergleich der Ergebnisse der "Düngungsflächen 1989"

Wie in den beiden vorangegangenen Abschnitten dargelegt, kam es bei den Parallelversuchen in den Forstverwaltungen Hatschek und Liechtenstein-Waldstein durch die Düngung zu deutlichen Veränderungen der Versorgung mit Kalium und Stickstoff, die unter Berücksichtigung der Veränderungen auf den jeweiligen Kontrollflächen die gleiche Größenordnung aufwiesen; gegenüber 1988 kam es durch die Düngung im Durchschnitt zu Steigerungen der Stickstoffgehalte von rund 17 beziehungsweise 18 Prozent und die Kaliumgehalte erfuhren eine Steigerung von rund 56 Prozent (siehe Tabelle 41). Bei den anderen Elementen kam es dagegen auf den gedüngten Partellen der beiden Versuchsflächen bei Berücksichtigung der Veränderungen auf den Kontrollpartellen zu voneinander abweichenden Entwicklungen; während es auf der "Düngungsfläche 89" der Forstverwaltung Hatschek zu geringen Abnahmen der mittleren Calcium- und Magnesiumgehalte kam, wies die Kontrollfläche der Forstverwaltung Liechtenstein-Waldstein 1989 bei diesen beiden Elementen deutliche Zunahmen gegenüber 1988 auf.

Tabelle 41: Glein - "Düngungsflächen 1989"

Mittelwerte der Nährelementgehalte und Mittelwerte der Nährelementquotienten des Nadeljahrganges 1 im Jahre 1989 in Prozent der Mittelwerte des Jahres 1988 (=100) der gedüngten (Düngung 1989\*) und ungedüngten Probebäume der "Düngungsversuchsflächen 1989" (FV-Hatschek und FV Liechtenstein-Waldstein)

	Hatschek		Liechtenstein-Waldstein	
	Düngung 89*	Kontrolle	Düngung 89*	Kontrolle
% N	114.8	98.0	115.1	96.7
% P	110.4	103.4	102.9	109.6
% K	158.9	103.2	142.8	86.4
% Ca	111.1	117.2	108.8	74.4
% Mg	85.5	93.0	88.6	70.8
N/P	104.1	94.9	108.6	87.8
N/K	69.6	91.8	73.8	104.1
N/Ca	104.1	82.9	103.6	136.0
N/Mg	131.0	106.7	125.8	129.9
K/Ca	145.6	87.3	134.9	115.7
K/Mg	189.9	111.1	159.3	108.8
Ca/Mg	128.6	127.9	123.3	92.7

Bei Phosphor wies dagegen die Kontrollfläche Liechtenstein-Waldstein eine geringe Abnahme und die Kontrollfläche Hatschek im selben Umfang eine Zunahme auf. Auf Grund dieser Unterschiede kam es auf den beiden Düngungsparzellen auch nur bei den Verhältnissen von N/P, N/K, K/Ca und K/Mg zu gleich gerichteten Veränderungen, die aber - wiederum unter Einbeziehung der Ergebnisse der Kontrollflächen - teilweise verschieden stark ausfielen. So lag zum Beispiel die Steigerung der Mittelwerte der Quotienten von K/Ca und K/Mg auf der Düngungsparzelle Hatschek deutlich höher als auf der Düngungsparzelle Liechtenstein-Waldstein, auf der wiederum die Veränderungen des N/P- und N/K-Verhältnisses stärker waren.

Verwendet man für den Vergleich der "Düngerwirkung" auf den Versuchspartellen der beiden Forstverwaltungen die Klassifikationsergebnisse der Nährelementgehalte (Tabellen 32 und 37) beziehungsweise die aus den Häufigkeitsverteilungen errechneten gewichteten Klassenmittel, dann ergibt sich für die Düngungsparzelle Hatschek ein etwas besseres Resultat; auf der Dün-

gungsparzelle Liechtenstein-Waldstein war zwar die "Wirkung" bei Stickstoff größer (gewichtetes Mittel von 1.5 auf 2.5) als auf der Düngungsparzelle in der Forstverwaltung Hatschek (gewichtetes Mittel von 1.3 auf 2.0), auf der aber neben einem stärkeren Anstieg des gewichteten Kalium-Klassenmittels (von 2.0 auf 3.0 gegenüber einem Anstieg von 2.5 auf 3.0 auf der Düngungsparzelle Liechtenstein-Waldstein) auch noch eine Verbesserung des gewichteten Calcium-Klassenmittels festzustellen war. Bei den Klassifikationsergebnissen der Magnesiumversorgung ergaben sich auf beiden Düngungsparzellen keine Veränderungen, was auch für die Calciumversorgung der Düngungsparzelle Liechtenstein-Waldstein zutrifft.

### 3.3 "Düngungsflächen 1987" FV Liechtenstein - Waldstein

In der Liechtensteinschen Forstverwaltung Waldstein wurden 1987 zwei Düngungsversuche (Düngungsparzellen 10 und 11) mit "Wuxal" beziehungsweise "Silvital" angelegt (KILIAN 1989). Die erste Nadelprobenentnahme 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 Baumpaare und auf der Versuchsfläche 11 ein Baumpaar gedüngt.

Während die Versuchsfläche 11 von 1986 bis 1989 beprobt wurde, erfolgte auf der Versuchsfläche 10 nach 1986 und 1987 erst wieder 1989 eine Beprobung. Die Ergebnisse der chemischen Nadelanalysen des Nadeljahrganges 1 sind für die Einzelbäume beider Versuchsflächen im Anhang ausgewiesen.

#### 3.3.1 Versuchsfläche 10

##### 3.3.1.1 Nährelementgehalte

Im Jahre 1986 lagen die Mittelwerte der Stickstoff-, Phosphor- und Kaliumgehalte der vergilbten Probebäume mehr oder minder deutlich unter den entsprechenden Werten der "Grünen"; während es bei den Stickstoff- und Phosphormittelwerten "nur" 6 bezie-

**Tabelle 42: Liechtenstein/Waldstein - Düngungsparzelle 10**  
**Mittelwerte der Nährelementgehalte im Nadeljahrgang 1**  
**gedüngten (1987) und ungedüngten Probebäume mit**  
**unterschiedlichen Schadsymptomausprägungen**

Jahr	G R Ü N		V E R G I L B T		
	Kontrolle (2, 4)	Düngung 87 (1, 3)	Kontrolle (2V, 4V)	Düngung 87 (1V, 3V)	
% N	1986	1.285	1.190	1.200	1.130
	1987	1.235	1.245	1.510	1.030
	1989	1.285	1.425	1.240	1.305
% P	1986	0.130	0.145	0.130	0.115
	1987	0.125	0.135	0.260	0.140
	1989	0.160	0.170	0.160	0.150
% K	1986	0.400	0.300	0.210	0.205
	1987	0.380	0.290	0.340	0.260
	1989	0.410	0.530	0.290	0.435
% Ca	1986	0.230	0.250	0.235	0.225
	1987	0.265	0.300	0.250	0.175
	1989	0.305	0.325	0.340	0.320
% Mg	1986	0.085	0.085	0.080	0.085
	1987	0.090	0.090	0.090	0.070
	1989	0.085	0.085	0.105	0.095

hungsweise 11 Prozent waren, lag der Kaliummittelwert der vergilbten Probebäume um mehr als 40 Prozent unter dem Vergleichswert der "Grünen". Bei den Calcium- und Magnesiummittelwerten ergaben sich dagegen zwischen den beiden Gruppenmittelwerten keine wesentlichen Differenzen.

Wie aus Tabelle 42, in der die Mittelwerte von jeweils zwei Probebäumen der vier Gruppen für die Hauptnährelemente ausgewiesen sind, zu ersehen ist, bewirkte die Wuxaldüngung keine Verbesserung der Nährelementsituation im Jahre 1987.

Für das Jahr 1989 ergibt sich aber gegenüber 1986 eine deutliche Anhebung der Stickstoff- und Kaliumgehalte im Nadeljahrgang 1 der "grünen" und "vergilbten" Probebäume, die 1987 gedüngt wurden. Bei den gedüngten "Grünen" lag der mittlere Stickstoffgehalt 1989 um rund 20 Prozent über dem Wert von 1986 und bei den gedüngten "vergilbten" Probebäumen nach Abzug des Steigerungswertes der Kontrolle bei rund 12 Prozent. Die Steigerung gegenüber 1986 beträgt dagegen bei Kalium nach Abzug des Wertes der prozentuellen Zunahmen bei den Kontrollen sowohl bei den "Grünen" als auch bei den "vergilbten" Probebäumen mit Düngung rund 74 Prozent. Gegenüber 1986 lagen auch die Mittelwerte von Phosphor und Calcium im Jahre 1989 deutlich höher, die prozentuellen Steigerungen wiesen aber unabhängig von der Behandlung in etwa die selbe Größenordnung auf. Im Gegensatz zu den gedüngten und ungedüngten "Grünen" wiesen die "vergilbten" Probebäume gegenüber 1986 im Jahre 1989 auch höhere Magnesiummittelwerte auf, wobei die prozentuelle Zunahme bei den "vergilbten" Kontrollbäumen aber wesentlich stärker ausfiel.

### 3.3.1.2 Beurteilung der Nährelementgehalte (Klassifikation)

Nach einer Beurteilung der Nährelementgehalte nach Tabelle 1 hatten 1986 sieben der acht Probebäume einen Mangel aufgewiesen. Die Gruppe der "grünen" und der "vergilbten" Probebäume unterschieden sich hinsichtlich der Häufigkeit von Mangel an mehr als einem Element. Während von den vier "grünen" Probebäumen 1986 einer keinen Mangel aufwies, zwei einen Mangel an Stickstoff allein und einer an Stickstoff + Kalium hatten, be-

stand bei 4 vergilbten Probebäumen in drei Fällen ein Mangel an Stickstoff + Kalium und beim vierten Baum zusätzlich auch noch ein Magnesiummangel.

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

Die Anstiege der Stickstoff- und Kaliummittelwerte bei den gedüngten Probebäumen im Jahre 1989 gegenüber 1986 dokumentieren sich nur zum Teil in verbesserten Klassifikationsergebnissen. Die Anstiege der Mittelwerte der "grünen" und "vergilbten" Probebäume mit Wuxaldüngung bei den beiden Elementen beruhen nämlich nur auf dem Ergebnis des Baumpaars 3 und 3V, während bei den Probebäumen 1 und 1V, die ebenfalls mit WUXAL behandelt worden waren, keine Änderung eintrat.

Von den als vergilbt eingestuften Bäumen wiesen alle bis auf den Baum 3V auch 1989 einen Stickstoff- + Kaliummangel auf; von den als gesund eingestuften Bäumen wies einer ebenfalls Stickstoff- + Kalium-Mangel, einer Stickstoffmangel und zwei keinen Mangel auf.

### 3.3.2 Versuchsfläche 11

#### 3.3.2.1 Nährelementgehalte

Die Stickstoffgehalte waren auf dieser Versuchsfläche 1986 wesentlich höher als auf der Versuchsfläche 10; die beiden als gesund eingestuften Probebäume wiesen im Mittel einen Wert von 1.395 % N und die vergilbten im Mittel einen Wert von 1.240 % N auf. Noch deutlicher unterschieden sich die mittleren Kalium- und Magnesiumgehalte mit 0.485 % K gegenüber 0.185 % K und 0.115 % Mg gegenüber 0.075 % Mg.

Im Gegensatz zu den Ergebnissen auf der Versuchsfläche 10 kam es durch die Silvital-Düngung bei den beiden gedüngten Bäumen

(grün und vergilbt) 1987 zu leichten Zunahmen der Stickstoff-, Phosphor- und Kaliumwerte gegenüber dem Vorjahr, während die Gehalte dieser Elemente bei den Kontrollbäumen gleichblieben oder abnahmen. Im Jahr 1988 war dagegen im Vergleich zu den Kontrollbäumen bei den gedüngten Bäumen nur eine weitere Zunahme der Kaliumgehalte festzustellen, die dann 1989 auch nicht mehr vorhanden war.

### 3.3.2.2 Beurteilung der Nährelementgehalte (Klassifikation)

Bei einer Beurteilung nach den Werten in Tabelle 1 wiesen 3 Probeebäume, und zwar die beiden vergilbten und ein grüner Probebaum, von 1986 bis 1989 zumindest immer Mangel an einem Element auf, während beim zweiten grünen Probebaum in keinem der vier Jahre ein Mangel auftrat. Der mit Silvital gedüngte grüne Probebaum wies trotz Ansteigen der Kaliumgehalte in allen Jahren einen Kaliummangel und im Jahre 1989 noch zusätzlich einen Stickstoffmangel auf. Der mit Silvital gedüngte vergilbte Probebaum wies in allen vier Jahren einen Stickstoff- + Kaliummangel und in den Jahren 1986 und 1987 auch noch einen Magnesiummangel auf. Beim vergilbten Kontrollbaum kam es so wie beim gesund eingestuften, gedüngten Probebaum von 1986 bis 1989 zu einem Kaliummangel und zusätzlich 1989 zu einem Stickstoffmangel; darüber hinaus wies dieser Baum im Jahre 1988 auch noch einen Magnesiummangel auf. Dieser in den Ergebnissen der Klassifikation steckende Widerspruch, daß Bäume mit denselben Klassifikationsergebnissen unterschiedlichen "Schädigungstypen" zugeordnet wurden, beruht einerseits auf der Tatsache, daß die in Tabelle 1 angeführten Werte im Hinblick auf waldwachstumskundliche Parameter erarbeitet wurden und andererseits auf der Tatsache, daß die Nährelementniveaus der beiden Probeebäume - die beide unter dem Grenzwert für Mangel lagen - sehr unterschiedlich waren; während der Kaliummittelwert des als gesund eingestuften Probebaumes für die Jahre 1986 bis 1989 bei 0.293 % K lag, wies der vergilbte Baum für diese Zeitspanne nur einen Mittelwert von 0.175 % K auf. Der zweite vergilbte Probebaum wies mit 0.245 % K zwar eine relativ bessere Versorgung

mit Kalium auf, hatte aber nach den Ergebnissen der chemischen Nadelanalysen (Bereich der Stickstoff-Gehalte zwischen 1986 und 1989: 1.04 - 1.14 % N) eine äußerst mangelhafte Stickstoffversorgung.

#### 4 Zusammenfassung und Schlußfolgerungen

An Hand der chemischen Nadelanalysedaten der Jahre 1985 bis 1989 kann für das Untersuchungsgebiet Glein folgendes angenommen werden:

- So wie in der ersten Auswertungsperiode 1985 bis 1987 kam es auch in den Jahren 1988 und 1989 lokal zu Überschreitungen der maximalen natürlichen Schwefelgehalte. Gegenüber den ersten Untersuchungsjahren kam es 1988 und 1989 zu deutlichen Abnahmen der Probebaumzahlen, für die nach den Ergebnissen der chemischen Nadelanalysen Schwefel-Immissionseinwirkungen auszuschließen wären; damit verbunden besteht beim Kontrollnetz im Gleinalmgebiet eine leicht steigende Tendenz der Schwefelgehalte im Verlauf der bisherigen Untersuchungen.
- Die äußerst ungünstige Stickstoffversorgung der Probebäume des Kontrollnetzes erfuhr auch in den Jahren 1988 und 1989 keine Verbesserung; das selbe trifft auch für die Unterversorgung (Mangel + nicht ausreichend) mit Magnesium zu.
- Bei der Kaliumversorgung kam es seit 1986 vor allem gegenüber dem Ergebnis von 1985 zu Verbesserungen, was aber auf die Tatsache, daß Mangel an Kalium nach Stickstoffmangel bei den Bäumen des Kontrollnetzes am häufigsten auftrat, keinen Einfluß hatte.
- Der Anteil der Probebäume mit einer nicht ausreichenden Calciumversorgung ging in den Jahren 1988 und 1989 wieder zurück, nachdem 1987 im Verlauf der fünf Untersuchungsjahre das ungünstigste Ergebnis zu verzeichnen gewesen war. In puncto Calcium war zwar nie Mangel festzustellen, der Anteil der

- Probebäume mit einer Unterversorgung (Mangel + nicht ausreichend) an Calcium lag aber im Durchschnitt über den entsprechenden Werten hinsichtlich Kalium und Magnesium.
- So wie bei Calcium war auch für Phosphor während der fünf Untersuchungsjahre nie ein Mangel festzustellen; die Anteile der Probepflanzen mit einer nicht ausreichenden Phosphorversorgung lagen erheblich unter den Resultaten aller anderen analysierten Nährelemente.
  - Durch die bei einigen Elementen festzustellenden Verbesserungen kam es auch bei einigen Nährelementverhältnissen in den letzten drei beziehungsweise zwei Jahren zu positiven Veränderungen und zwar dadurch, daß die Zahl der Probepflanzen mit Nährelementquotienten im harmonischen Bereich zunahm (z.B. Ca/Mg, K/Ca).
  - Sowohl bei den Nährelementgehalten als auch bei ihren Klassifikationen (Mangel, nicht ausreichend, ausreichend) ist so wie auch bei den Veränderungen im Verlaufe der Jahre ein Einfluß der Seehöhe des Probepflanzenstandortes beziehungsweise des Alters der Probepflanzen anzunehmen (z.B. Calcium- und Magnesiummittelwerte der Probepflanzen bis 1400m höher als die der Bäume über 1400m; Anteile der Probepflanzen mit einer Calcium- oder Magnesium-Unterversorgung unter 1400m geringer; Kaliummangel oder Stickstoff - plus Kaliummangel unter 1400m beziehungsweise bis 100 Jahre häufiger).
  - Die 1989 durchgeführten Bodendüngungen führten nach den Ergebnissen der Nadelanalysen zu einer Verbesserung der Stickstoff- und vor allem Kaliumversorgung, während bei den in den Jahren 1986 und 1987 aviotechnisch gedüngten Probepflanzen des Kontrollnetzes gegenüber den unbehandelten Vergleichsbäumen auch 1988 und 1989 keine wesentlichen und mit den Ergebnissen der Bodendüngungen vergleichbaren Veränderungen festzustellen waren.
  - Der Vergleich der Nährelementgehalte der Nadeln mit den Ergebnissen der Bodenvorräte der einzelnen Nährelemente ergab

elementabhängig teilweise weite Streuungen der Nährelementgehalte beziehungsweise auch der "Klassifikationsmuster" (Mangel, nicht ausreichend, ausreichend) bei den Probestämmen, die auf Standorten mit vergleichbaren Bodenvorräten stockten, was die Untersuchungsergebnisse über die Beeinflussung der Nährelementsituation durch Wurzelschädigungen bzw. eventuelle Schäden der Transportsysteme bestätigen würde.

## 5 Literatur

- BOSCH, Chr., E. PFANNKUCH, U. BAUM u. K.E. REHFUESS (1983): Über die Erkrankung der Fichte (*Picea abies* Karst.) in den Hochlagen des Bayerischen Waldes. Forstw. Cbl. 102, 167-181
- DONAUBAUER, E. (1989): Das Walderkrankungssyndrom im Gleinalmgebiet. Mitt. der Forstl. Bundesversuchsanstalt Wien, 163/I, 5-9
- GUSSONE, H.A. (1964): Faustzahlen für Düngung im Walde. BLV-Bayerischer Landwirtschaftsverl., München-Basel-Wien. 98 S.
- HÖHNE, H. (1968): Die methodischen Grundlagen der Nadelanalyse unter besonderer Berücksichtigung von *Picea abies* (L.)Karst. und *Pinus silvestris* L., Habil.-Schr. TU Dresden (Tharandt), Zit. nach Fiedler, Nebe, Hoffmann (1973): Forstliche Pflanzennährung und Düngung. Gustav Fischer Verl., Stuttgart. 481 S.
- HÜTTL, R.F. (1985): "Neuartige" Waldschäden und Nährelementversorgung von Fichtenbeständen (*Picea Abies* Karst.) in Südwestdeutschland. Freiburger Bodenkundl. Abh. 16, 195 S.
- HÜTTL, R.F. (1987): "Neuartige" Waldschäden, Ernährungsstörungen und Düngung. AFZ 12, 289-299
- KARRER, G. (1989): Vegetationskundliche Charakterisierung des Gleingrabens bei Knittelfeld (Steiermark). Mitt. der Forstl. Bundesversuchsanstalt Wien, 163/I, 129-170
- KILIAN, W. (1989): Diagnostische Düngungsversuche im Gleinalmgebiet. Mitt. der Forstl. Bundesversuchsanstalt Wien, 163/II, 341-356
- MAJER, Chr. (1989a): Zu Klima, Geologie und Waldgeschichte des Waldschadensgebietes Gleinalm. Mitt. der Forstl. Bundesversuchsanstalt Wien, 163/I, 11-24
- MAJER, Chr. (1989b): Hinweise auf anthropogene Einwirkungen auf den Boden. Mitt. der Forstl. Bundesversuchsanstalt Wien, 163/I, 25-31

- MAJER, Chr., W. KILIAN u. F. MUTSCH (1989): Die Böden im Gleinalmgebiet. Mitt. der Forstl. Bundesversuchsanstalt Wien, 163/I, 33-127
- REEMTSMA, J.B. (1986): Der Magnesium-Gehalt von Nadeln niedersächsischer Fichtenbestände und seine Beurteilung. Allg. Forst- u. Jagdztg. 157, 10, 196-200
- REHFUESS, K.E. (1983): Walderkrankungen und Immissionen - eine Zwischenbilanz. AFZ 38, 601-610
- STEFAN, K. (1989): Ergebnisse chemischer Nadelanalysen im Untersuchungsgebiet Glein. Mitt. der Forstl. Bundesversuchsanstalt Wien, 163/II, 289-339
- TOMICZEK, Chr. (1990): Forstpathologische Erhebungen im Gebiet der Glein. Mitt. der Forstl. Bundesversuchsanstalt Wien, 163/III, 39-97
- ZECH, W. u. 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
- ZÖTTL, H.W. u. E. MIES (1983): Die Fichtenerkrankung in den Hochlagen des Südschwarzwaldes. Allg. Forst- u. Jagdztg. 154, 110-114
- ZÖTTL, H.W. u. R.F. HÜTTL (1985): Schadsymptome und Ernährungszustand von Fichtenbeständen im südwestdeutschen Alpenvorland. AFZ 40, 197-199

## 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		

GLEICH-KONTROLLNETZ - Nadeljahrgang 1

Baum	% N					% P				
	1985	1986	1987	1988	1989	1985	1986	1987	1988	1989
1	1.27	1.34	1.14	1.29	1.28	0.16	0.19	0.16	0.21	0.19
2	1.22	1.46	1.43	1.43	1.32	0.17	0.15	0.16	0.17	0.19
3	1.16	1.15	1.14	1.11	1.03	0.13	0.16	0.16	0.20	0.15
4	1.36	1.39	1.28	1.21	1.25	0.21	0.19	0.16	0.20	0.17
5	1.39	1.46	1.32	1.35	1.30	0.20	0.23	0.19	0.21	0.18
6	1.35	1.34	1.16	-	-	0.16	0.17	0.13	-	-
7	1.07	1.20	1.26	-	-	0.14	0.20	0.21	-	-
8	1.61	1.51	1.34	1.43	1.36	0.24	0.23	0.18	0.19	0.18
9	1.48	1.52	1.49	1.63	1.44	0.20	0.19	0.20	0.20	0.19
10	1.36	1.36	1.19	1.38	-	0.19	0.18	0.14	0.20	-
11	1.53	1.64	1.35	1.21	1.14	0.20	0.20	0.16	0.20	0.15
12	0.98	1.24	1.09	1.13	1.07	0.13	0.20	0.15	0.19	0.18
13	1.40	1.28	1.26	1.50	1.19	0.19	0.13	0.13	0.20	0.16
14	-	1.26	1.32	1.50	1.31	-	0.21	0.20	0.23	0.18
15	-	1.31	1.24	1.34	1.24	-	0.19	0.16	0.15	0.16
16	-	1.60	1.31	1.46	1.45	-	0.21	0.19	0.22	0.22
17	1.18	1.26	1.04	0.99	1.18	0.13	0.15	0.12	0.13	0.14
18	1.22	1.22	1.10	1.24	1.14	0.14	0.16	0.12	0.17	0.15
19	1.40	1.37	1.20	1.42	1.29	0.16	0.15	0.12	0.17	0.14
20	1.30	1.30	1.20	1.27	1.16	0.16	0.15	0.14	0.16	0.15
21	1.35	1.25	1.24	1.38	1.38	0.15	0.14	0.13	0.20	0.15
22	1.45	1.25	-	1.44	1.23	0.18	0.16	-	0.23	0.14
23*	1.38	1.37	1.09*	1.17*	1.11*	0.20	0.17	0.15*	0.18*	0.17*
24	1.56	1.24	1.26	1.24	-	0.22	0.16	0.14	0.16	-
25	1.20	1.16	-	1.10	-	0.15	0.13	-	0.16	-
26	1.29	1.18	-	1.40	1.13	0.14	0.13	-	0.20	0.12
27	1.35	1.46	1.31	1.42	1.48	0.19	0.19	0.18	0.20	0.17
28	1.30	1.31	1.29	-	-	0.15	0.16	0.15	-	-
29	1.22	1.10	1.08	1.21	1.16	0.14	0.18	0.17	0.17	0.16
30	1.18	1.15	1.14	-	-	0.15	0.17	0.15	-	-
31	1.32	1.42	1.20	1.21	1.21	0.21	0.24	0.19	0.22	0.19
32	1.39	1.30	1.18	1.21	1.19	0.20	0.19	0.18	0.18	0.17
33	1.11	1.21	1.42	-	-	0.17	0.19	0.20	-	-
34	1.21	1.31	1.01	1.26	1.10	0.22	0.22	0.20	0.22	0.19
35	1.22	1.29	1.19	1.33	1.22	0.19	0.20	0.20	0.22	0.22
36	-	1.46	1.17	1.52	1.48	-	0.18	0.16	0.17	0.17
37	-	1.24	1.14	1.34	-	-	0.18	0.15	0.22	-
38	-	1.56	1.24	1.14	-	-	0.18	0.14	0.26	-
39	-	1.42	1.27	1.50	1.26	-	0.21	0.17	0.23	0.19
40	-	1.52	1.36	1.38	1.32	-	0.16	0.12	0.13	0.13
41	-	1.34	1.06	1.04	1.11	-	0.21	0.19	0.17	0.18
42	-	1.28	1.01	1.45	1.11	-	0.16	0.16	0.17	0.15
43	-	1.52	1.32	1.41	1.49	-	0.21	0.17	0.21	0.20
44	-	1.39	1.24	1.55	1.13	-	0.16	0.15	0.21	0.14
45	-	1.47	1.26	1.39	1.42	-	0.21	0.20	0.22	0.20
46	-	1.37	1.33	1.34	1.11	-	0.24	0.21	0.22	0.16
47*	-	1.63	1.15	1.35*	1.23*	-	0.19	0.18	0.23*	0.15*

\* Ersatzbaum

## GLEIN-KONTROLLNETZ - Nadeljahrgang 1

Baum	% K					% Ca				
	1985	1986	1987	1988	1989	1985	1986	1987	1988	1989
1	0.26	0.33	0.42	0.52	0.41	0.31	0.29	0.17	0.29	0.29
2	0.35	0.42	0.37	0.36	0.49	0.20	0.40	0.14	0.25	0.34
3	0.45	0.37	0.49	0.69	0.60	0.29	0.20	0.19	0.35	0.26
4	0.38	0.43	0.45	0.39	0.46	0.24	0.16	0.12	0.18	0.19
5	0.40	0.48	0.47	0.42	0.57	0.39	0.41	0.18	0.36	0.48
6	0.48	0.51	0.41	-	-	0.30	0.36	0.15	-	-
7	0.48	0.56	0.50	-	-	0.30	0.22	0.17	-	-
8	0.48	0.49	0.38	0.39	0.42	0.60	0.36	0.27	0.44	0.41
9	0.34	0.32	0.32	0.24	0.37	0.34	0.21	0.16	0.26	0.25
10	0.31	0.31	0.29	0.25	-	0.38	0.32	0.19	0.31	-
11	0.57	0.56	0.48	0.91	0.52	0.52	0.52	0.36	0.58	0.39
12	0.23	0.42	0.39	0.39	0.32	0.39	0.20	0.17	0.27	0.29
13	0.34	0.35	0.35	0.49	0.40	0.35	0.27	0.22	0.31	0.32
14	-	0.90	0.90	0.92	0.82	-	0.44	0.43	0.42	0.40
15	-	0.69	0.25	0.64	0.55	-	0.31	0.11	0.39	0.29
16	-	0.38	0.32	0.34	0.37	-	0.28	0.33	0.39	0.39
17	0.35	0.36	0.31	0.29	0.38	0.25	0.34	0.20	0.31	0.21
18	0.70	0.66	0.69	0.80	0.67	0.42	0.36	0.35	0.44	0.35
19	0.42	0.38	0.36	0.40	0.36	0.32	0.32	0.18	0.29	0.25
20	0.55	0.46	0.49	0.64	0.59	0.45	0.41	0.34	0.45	0.28
21	0.32	0.35	0.28	0.47	0.40	0.50	0.29	0.37	0.59	0.37
22	0.44	0.40	-	0.34	0.29	0.41	0.22	-	0.37	0.40
23*	0.22	0.30	0.37*	0.34*	0.38*	0.33	0.17	0.26*	0.39*	0.36*
24	0.40	0.55	0.41	0.50	-	0.47	0.24	0.26	0.33	-
25	0.51	0.67	-	0.85	-	0.39	0.24	-	0.46	-
26	0.51	0.71	-	0.76	0.54	0.46	0.37	-	0.46	0.43
27	0.74	0.67	0.61	0.68	0.70	0.39	0.36	0.32	0.33	0.30
28	0.37	0.41	0.41	-	-	0.46	0.37	0.40	-	-
29	0.36	0.36	0.37	0.32	0.32	0.56	0.48	0.24	0.34	0.48
30	0.51	0.61	0.56	-	-	0.33	0.27	0.24	-	-
31	0.56	0.77	0.47	0.81	0.69	0.45	0.35	0.23	0.41	0.29
32	0.78	0.65	0.61	0.75	0.60	0.52	0.27	0.21	0.27	0.31
33	0.79	0.72	0.42	-	-	0.35	0.48	0.29	-	-
34	0.34	0.63	0.52	0.68	0.60	0.30	0.30	0.21	0.33	0.29
35	0.37	0.80	0.67	0.78	0.78	0.20	0.27	0.25	0.39	0.33
36	-	0.70	0.64	0.68	0.64	-	0.27	0.17	0.33	0.39
37	-	0.29	0.29	0.36	-	-	0.32	0.23	0.54	-
38	-	0.66	0.59	0.92	-	-	0.35	0.24	0.25	-
39	-	0.30	0.30	0.32	0.25	-	0.21	0.16	0.28	0.16
40	-	0.49	0.60	0.70	0.58	-	0.28	0.19	0.41	0.30
41	-	0.55	0.52	0.72	0.51	-	0.38	0.27	0.51	0.27
42	-	0.48	0.48	0.70	0.42	-	0.52	0.34	0.39	0.50
43	-	0.36	0.28	0.49	0.48	-	0.32	0.25	0.37	0.29
44	-	0.82	0.31	0.54	0.44	-	0.21	0.17	0.29	0.19
45	-	0.49	0.57	0.76	0.62	-	0.20	0.18	0.33	0.26
46	-	0.66	0.75	0.66	0.55	-	0.40	0.27	0.42	0.25
47*	-	0.82	0.26	0.80*	0.30*	-	0.25	0.12	0.50*	0.26*

\* Ersatzbaum

GLKIN-KONTROLLNETZ - Nadeljahrgang 1

Baum	% Mg					% S				
	1985	1986	1987	1988	1989	1985	1986	1987	1988	1989
1	0.16	0.16	0.14	0.17	0.14	0.09	0.08	0.09	0.10	0.10
2	0.08	0.08	0.07	0.09	0.09	0.11	0.12	0.11	0.12	0.11
3	0.08	0.08	0.09	0.10	0.08	0.09	0.09	0.08	0.10	0.08
4	0.11	0.10	0.09	0.10	0.09	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
5	0.11	0.13	0.09	0.11	0.11	0.09	0.10	0.09	0.11	0.10
6	0.13	0.15	0.09	-	-	0.08	0.08	0.08	-	-
7	0.06	0.10	0.13	-	-	0.08	0.08	0.08	-	-
8	0.25	0.18	0.16	0.18	0.14	0.11	0.11	0.09	0.11	0.11
9	0.12	0.11	0.10	0.11	0.10	0.09	0.09	0.09	0.11	0.10
10	0.14	0.13	0.11	0.14	-	0.09	0.09	0.09	0.10	-
11	0.20	0.20	0.18	0.17	0.14	0.11	0.10	0.11	0.11	0.11
12	0.08	0.11	0.09	0.12	0.10	0.09	0.10	0.08	0.10	0.09
13	0.11	0.08	0.09	0.10	0.08	0.08	0.07	0.08	0.10	0.09
14	-	0.10	0.11	0.12	0.10	-	0.09	0.09	0.11	0.09
15	-	0.12	0.07	0.12	0.10	-	0.09	0.10	0.10	0.11
16	-	0.14	0.13	0.15	0.12	-	0.10	0.09	0.11	0.11
17	0.15	0.22	0.16	0.17	0.15	0.09	0.08	0.08	0.09	0.09
18	0.09	0.11	0.11	0.13	0.11	0.11	0.12	0.12	0.14	0.11
19	0.10	0.11	0.08	0.11	0.09	0.10	0.09	0.08	0.10	0.11
20	0.11	0.12	0.11	0.13	0.09	0.12	0.12	0.10	0.12	0.11
21	0.17	0.14	0.17	0.19	0.15	0.09	0.09	0.09	0.11	0.10
22	0.12	0.09	-	0.13	0.11	0.11	0.10	-	0.12	0.10
23*	0.12	0.10	0.10*	0.11*	0.09*	0.10	0.10	0.08*	0.09*	0.08*
24	0.14	0.09	0.15	0.11	-	0.10	0.08	0.09	0.09	-
25	0.14	0.12	-	0.17	-	0.08	0.08	-	0.10	-
26	0.13	0.11	-	0.13	0.11	0.09	0.07	-	0.10	0.08
27	0.16	0.17	0.19	0.22	0.17	0.11	0.12	0.14	0.14	0.14
28	0.11	0.12	0.13	-	-	0.10	0.09	0.10	-	-
29	0.11	0.14	0.11	0.13	0.12	0.09	0.08	0.09	0.11	0.09
30	0.12	0.13	0.09	-	-	0.10	0.09	0.10	-	-
31	0.15	0.15	0.12	0.14	0.12	0.11	0.11	0.11	0.10	0.10
32	0.28	0.19	0.16	0.15	0.19	0.10	0.11	0.11	0.10	0.11
33	0.08	0.10	0.17	-	-	0.07	0.08	0.10	-	-
34	0.09	0.13	0.11	0.10	0.10	0.10	0.09	0.09	0.09	0.10
35	0.11	0.14	0.14	0.17	0.13	0.09	0.09	0.09	0.10	0.09
36	-	0.14	0.10	0.18	0.15	-	0.11	0.08	0.11	0.12
37	-	0.11	0.10	0.18	-	-	0.09	0.09	0.10	-
38	-	0.15	0.13	0.09	-	-	0.12	0.10	0.10	-
39	-	0.09	0.10	0.11	0.07	-	0.10	0.08	0.09	0.08
40	-	0.15	0.14	0.17	0.12	-	0.08	0.08	0.09	0.11
41	-	0.11	0.12	0.15	0.09	-	0.09	0.10	0.08	0.09
42	-	0.15	0.14	0.11	0.13	-	0.10	0.10	0.13	0.11
43	-	0.13	0.15	0.12	0.11	-	0.10	0.11	0.11	0.11
44	-	0.11	0.14	0.12	0.10	-	0.12	0.15	0.17	0.12
45	-	0.12	0.14	0.13	0.11	-	0.11	0.14	0.11	0.11
46	-	0.21	0.19	0.19	0.13	-	0.10	0.10	0.10	0.09
47*	-	0.10	0.11	0.12*	0.10*	-	0.12	0.10	0.10*	0.10*

\* Ersatzbaum

## GLEIN-KONTROLLNETZ - Nadeljahrgang 2

Baum	% N					% P				
	1985	1986	1987	1988	1989	1985	1986	1987	1988	1989
1	1.24	1.12	0.98	1.15	1.16	0.13	0.15	0.10	0.15	0.15
2	1.15	1.25	1.11	1.38	1.31	0.14	0.16	0.11	0.16	0.14
3	1.12	1.07	0.99	1.03	1.12	0.12	0.14	0.12	0.16	0.17
4	1.36	1.23	1.09	1.08	1.29	0.15	0.13	0.09	0.11	0.13
5	1.35	1.28	1.10	1.32	1.32	0.18	0.18	0.13	0.17	0.13
6	1.35	1.22	0.97	-	-	0.12	0.12	0.09	-	-
7	1.02	1.03	1.01	-	-	0.12	0.18	0.14	-	-
8	1.45	1.33	1.20	1.26	1.28	0.19	0.17	0.14	0.15	0.14
9	1.31	1.12	1.10	1.41	1.14	0.13	0.11	0.11	0.15	0.12
10	1.15	1.13	0.93	1.08	-	0.12	0.12	0.08	0.11	-
11	1.33	1.19	1.14	1.15	1.13	0.16	0.14	0.11	0.16	0.13
12	1.16	1.01	0.86	0.94	0.92	0.18	0.17	0.10	0.13	0.12
13	1.13	0.98	1.08	1.33	1.24	0.13	0.09	0.09	0.18	0.14
14	-	1.31	1.24	1.41	1.33	-	0.18	0.15	0.19	0.18
15	-	1.24	1.23	1.20	1.07	-	0.14	0.12	0.14	0.13
16	-	1.20	1.03	1.16	1.28	-	0.18	0.15	0.18	0.19
17	1.05	0.98	0.87	0.96	0.97	0.10	0.10	0.07	0.10	0.09
18	1.25	1.18	1.09	1.21	1.21	0.10	0.10	0.09	0.13	0.12
19	1.33	1.22	0.99	1.19	1.30	0.11	0.10	0.08	0.12	0.10
20	1.18	1.20	1.15	1.29	1.25	0.13	0.13	0.11	0.14	0.13
21	1.20	1.03	1.02	1.24	1.18	0.11	0.10	0.09	0.13	0.12
22	1.18	1.05	-	1.17	1.19	0.12	0.16	-	0.15	0.12
23*	1.18	1.10	0.91*	1.18*	1.18*	0.14	0.16	0.11*	0.18*	0.18*
24	1.55	1.20	1.23	1.26	-	0.16	0.11	0.10	0.14	-
25	1.05	1.01	-	1.06	-	0.09	0.08	-	0.12	-
26	1.21	1.05	-	1.23	1.12	0.11	0.12	-	0.16	0.10
27	1.33	1.28	1.21	1.43	1.33	0.14	0.13	0.11	0.15	0.13
28	1.12	1.19	1.12	-	-	0.09	0.12	0.08	-	-
29	1.21	1.11	0.98	1.04	1.08	0.12	0.15	0.12	0.11	0.14
30	1.17	1.14	0.99	-	-	0.11	0.13	0.11	-	-
31	1.09	1.13	0.97	1.08	1.02	0.13	0.19	0.14	0.18	0.17
32	1.21	1.18	0.97	1.24	1.11	0.17	0.14	0.10	0.18	0.14
33	1.06	1.14	1.34	-	-	0.12	0.19	0.18	-	-
34	1.20	1.04	1.10	1.12	1.11	0.20	0.17	0.17	0.18	0.17
35	1.23	1.17	1.08	1.18	1.17	0.15	0.17	0.14	0.21	0.19
36	-	1.27	1.06	1.26	1.32	-	0.15	0.11	0.15	0.13
37	-	1.04	0.98	1.18	-	-	0.16	0.11	0.15	-
38	-	1.24	1.16	1.34	-	-	0.13	0.10	0.16	-
39	-	1.33	1.27	1.34	1.13	-	0.15	0.14	0.20	0.13
40	-	1.41	1.28	1.32	1.26	-	0.12	0.12	0.11	0.11
41	-	1.03	1.14	1.08	1.04	-	0.17	0.18	0.20	0.14
42	-	1.00	1.05	0.94	1.03	-	0.11	0.11	0.12	0.11
43	-	1.25	1.12	1.21	1.20	-	0.13	0.12	0.14	0.12
44	-	1.21	1.02	1.38	1.06	-	0.11	0.09	0.17	0.10
45	-	1.24	1.24	1.37	1.23	-	0.15	0.18	0.22	0.17
46	-	1.33	1.22	1.33	1.11	-	0.23	0.16	0.21	0.13
47*	-	1.26	1.07	1.06*	1.11*	-	0.12	0.11	0.13*	0.11*

\* Ersatzbaum

GLEIT-KONTROLLNETZ - Nadeljahrgang 2

Baum	% K					% Ca				
	1985	1986	1987	1988	1989	1985	1986	1987	1988	1989
1	0.33	0.27	0.21	0.30	0.26	0.44	0.46	0.39	0.35	0.45
2	0.20	0.57	0.23	0.32	0.37	0.35	0.25	0.34	0.33	0.59
3	0.48	0.46	0.37	0.45	0.43	0.37	0.43	0.35	0.42	0.64
4	0.19	0.29	0.22	0.21	0.28	0.38	0.31	0.25	0.31	0.39
5	0.19	0.49	0.40	0.43	0.41	0.39	0.50	0.41	0.41	0.54
6	0.47	0.40	0.26	-	-	0.36	0.41	0.32	-	-
7	0.35	0.59	0.44	-	-	0.40	0.29	0.32	-	-
8	0.49	0.42	0.39	0.39	0.34	0.52	0.55	0.44	0.52	0.78
9	0.43	0.16	0.23	0.23	0.24	0.57	0.50	0.32	0.45	0.62
10	0.26	0.27	0.23	0.18	-	0.49	0.51	0.36	0.40	-
11	0.52	0.54	0.42	0.60	0.39	0.64	0.72	0.60	0.64	0.69
12	0.37	0.21	0.30	0.25	0.19	0.23	0.44	0.28	0.30	0.51
13	0.29	0.29	0.31	0.38	0.37	0.60	0.52	0.53	0.61	0.73
14	-	0.93	0.88	1.00	0.91	-	0.58	0.41	0.50	0.51
15	-	0.53	0.50	0.56	0.50	-	0.39	0.37	0.43	0.48
16	-	0.21	0.23	0.29	0.36	-	0.50	0.58	0.61	0.73
17	0.30	0.25	0.19	0.25	0.23	0.23	0.42	0.31	0.36	0.37
18	0.51	0.55	0.58	0.58	0.51	0.46	0.58	0.48	0.53	0.65
19	0.35	0.27	0.26	0.32	0.23	0.52	0.52	0.47	0.42	0.59
20	0.46	0.45	0.33	0.62	0.43	0.63	0.61	0.72	0.64	0.70
21	0.26	0.27	0.23	0.28	0.24	0.60	0.59	0.55	0.71	0.74
22	0.27	0.22	-	0.27	0.27	0.51	0.53	-	0.56	0.72
23*	0.24	0.23	0.24*	0.30*	0.25*	0.39	0.44	0.50*	0.51*	0.74*
24	0.44	0.36	0.36	0.42	-	0.50	0.57	0.48	0.59	-
25	0.45	0.52	-	0.52	-	0.49	0.44	-	0.64	-
26	0.45	0.40	-	0.50	0.40	0.63	0.64	-	0.73	1.08
27	0.65	0.53	0.54	0.53	0.43	0.46	0.62	0.44	0.45	0.75
28	0.26	0.30	0.24	-	-	0.77	0.75	0.75	-	-
29	0.33	0.35	0.31	0.21	0.27	0.71	0.71	0.49	0.58	0.86
30	0.47	0.53	0.42	-	-	0.41	0.47	0.41	-	-
31	0.55	0.63	0.42	0.56	0.61	0.48	0.54	0.40	0.47	0.60
32	0.52	0.53	0.45	0.53	0.41	0.53	0.43	0.26	0.35	0.58
33	0.51	0.66	0.46	-	-	0.48	0.31	0.45	-	-
34	0.61	0.45	0.46	0.46	0.55	0.41	0.42	0.43	0.39	0.56
35	0.72	0.76	0.49	0.66	0.60	0.19	0.32	0.43	0.44	0.56
36	-	0.64	0.48	0.64	0.52	-	0.33	0.25	0.25	0.52
37	-	0.31	0.18	0.25	-	-	0.46	0.42	0.65	-
38	-	0.55	0.47	0.49	-	-	0.64	0.38	0.57	-
39	-	0.19	0.21	0.24	0.15	-	0.45	0.45	0.44	0.30
40	-	0.44	0.47	0.60	0.39	-	0.28	0.31	0.34	0.50
41	-	0.48	0.45	0.76	0.40	-	0.57	0.52	0.49	0.62
42	-	0.37	0.29	0.40	0.30	-	0.80	0.68	0.66	0.95
43	-	0.30	0.28	0.43	0.31	-	0.53	0.55	0.48	0.76
44	-	0.56	0.22	0.41	0.27	-	0.44	0.36	0.36	0.35
45	-	0.42	0.55	0.65	0.46	-	0.29	0.27	0.39	0.48
46	-	0.47	0.56	1.13	0.38	-	0.51	0.46	0.70	0.62
47*	-	0.61	0.17	0.26*	0.20*	-	0.39	0.29	0.39*	0.49*

\* Ersatzbaum

GLEIN-KONTROLLNETZ - Nadeljahrgang 2

Baum	% Mg					% S				
	1985	1986	1987	1988	1989	1985	1986	1987	1988	1989
1	0.15	0.16	0.17	0.15	0.15		0.08	0.08	0.09	0.10
2	0.06	0.09	0.09	0.07	0.09		0.11	0.09	0.12	0.12
3	0.07	0.08	0.10	0.09	0.10		0.09	0.08	0.09	0.09
4	0.12	0.09	0.12	0.09	0.11		0.10	0.10	0.10	0.11
5	0.12	0.10	0.10	0.09	0.10		0.10	0.09	0.13	0.11
6	0.11	0.12	0.11	-	-		0.07	0.07	-	-
7	0.06	0.07	0.10	-	-		0.07	0.07	-	-
8	0.19	0.17	0.16	0.17	0.19		0.10	0.11	0.11	0.12
9	0.11	0.11	0.08	0.12	0.11		0.07	0.07	0.09	0.09
10	0.13	0.12	0.14	0.13	-		0.09	0.09	0.11	-
11	0.20	0.19	0.20	0.18	0.16		0.09	0.10	0.13	0.12
12	0.09	0.11	0.08	0.10	0.12		0.09	0.08	0.10	0.10
13	0.08	0.06	0.07	0.12	0.08		0.06	0.08	0.12	0.09
14	-	0.07	0.06	0.08	0.09		0.10	0.10	0.12	0.12
15	-	0.11	0.11	0.10	0.08		0.10	0.10	0.12	0.11
16	-	0.12	0.16	0.13	0.13		0.10	0.09	0.11	0.11
17	0.13	0.20	0.17	0.18	0.18		0.08	0.08	0.10	0.10
18	0.07	0.08	0.09	0.10	0.09		0.12	0.12	0.13	0.12
19	0.10	0.09	0.11	0.08	0.10		0.09	0.07	0.11	0.11
20	0.11	0.10	0.14	0.12	0.13		0.14	0.11	0.14	0.13
21	0.19	0.16	0.19	0.21	0.22		0.08	0.09	0.10	0.11
22	0.11	0.09	-	0.13	0.11		0.10	-	0.13	0.13
23*	0.12	0.11	0.08*	0.10*	0.10*		0.10	0.07*	0.10*	0.09*
24	0.14	0.10	0.14	0.15	-		0.08	0.10	0.10	-
25	0.12	0.11	-	0.16	-		0.08	-	0.12	-
26	0.12	0.10	-	0.14	0.13		0.08	-	0.11	0.11
27	0.14	0.16	0.17	0.20	0.19		0.11	0.13	0.14	0.13
28	0.12	0.12	0.14	-	-		0.10	0.11	-	-
29	0.12	0.15	0.14	0.15	0.17		0.11	0.11	0.10	0.12
30	0.11	0.14	0.10	-	-		0.10	0.11	-	-
31	0.12	0.12	0.12	0.11	0.14		0.12	0.12	0.11	0.11
32	0.24	0.19	0.15	0.18	0.23		0.12	0.13	0.14	0.14
33	0.07	0.09	0.15	-	-		0.08	0.11	-	-
34	0.09	0.12	0.13	0.10	0.12		0.09	0.12	0.11	0.13
35	0.07	0.11	0.16	0.17	0.15		0.08	0.08	0.10	0.09
36	-	0.11	0.10	0.10	0.16		0.11	0.09	0.12	0.12
37	-	0.10	0.11	0.15	-		0.10	0.10	0.10	-
38	-	0.14	0.10	0.17	-		0.13	0.11	0.15	-
39	-	0.09	0.08	0.09	0.08		0.08	0.08	0.08	0.08
40	-	0.12	0.14	0.13	0.13		0.09	0.09	0.10	0.10
41	-	0.10	0.11	0.11	0.10		0.10	0.11	0.10	0.10
42	-	0.13	0.11	0.12	0.16		0.11	0.12	0.10	0.11
43	-	0.10	0.13	0.6	0.12		0.09	0.11	0.08	0.09
44	-	0.10	0.14	0.15	0.12		0.13	0.15	0.18	0.14
45	-	0.09	0.10	0.10	0.11		0.10	0.13	0.13	0.12
46	-	0.21	0.18	0.20	0.19		0.10	0.12	0.10	0.11
47*	-	0.12	0.11	0.13*	0.13*		0.10	0.11	0.11*	0.11*

\* Ersatzbaum

GLEITEN - FV Hatschek/Düngungsfläche 1989

Nadeljahrgang 1

	Baum	% N		% P		% K		% Ca		% Mg		% S	
		88	89	88	89	88	89	88	89	88	89	88	89
Düngung 1989	49	1.15	1.27	0.19	0.20	0.33	0.60	0.33	0.43	0.09	0.09	0.11	0.11
	50	1.24	1.46	0.19	0.22	0.42	0.81	0.36	0.39	0.11	0.09	0.10	0.12
	51	1.32	1.53	0.20	0.22	0.61	0.75	0.39	0.38	0.15	0.12	0.11	0.12
Kontrolle	52	1.41	1.35	0.18	0.18	0.24	0.27	0.26	0.31	0.10	0.09	0.12	0.11
	53	1.13	1.09	0.19	0.21	0.39	0.36	0.24	0.29	0.08	0.07	0.10	0.11
	54	1.31	1.33	0.24	0.24	0.32	0.35	0.32	0.36	0.12	0.12	0.11	0.11

Nadeljahrgang 2

	Baum	% N		% P		% K		% Ca		% Mg		% S	
		88	89	88	89	88	89	88	89	88	89	88	89
Düngung 1989	49	1.04	1.18	0.16	0.19	0.25	0.48	0.53	0.77	0.09	0.09	0.11	0.13
	50	1.21	1.49	0.16	0.20	0.32	0.77	0.33	0.56	0.07	0.08	0.10	0.14
	51	1.29	1.53	0.20	0.21	0.51	0.66	0.37	0.47	0.11	0.12	0.12	0.13
Kontrolle	52	1.13	1.25	0.12	0.14	0.17	0.17	0.35	0.50	0.09	0.11	0.11	0.12
	53	1.11	1.21	0.20	0.23	0.24	0.28	0.35	0.52	0.07	0.09	0.11	0.12
	54	1.14	1.10	0.24	0.22	0.28	0.25	0.60	0.69	0.13	0.14	0.11	0.10

FV Liechtenstein-Waldstein/Düngungsfläche 1989

Nadeljahrgang 1

Baum	% N		% P		% K		% Ca		% Mg		% S		
	88	89	88	89	88	89	88	89	88	89	88	89	
Kontrolle	8	1.29	1.26	0.15	0.16	0.57	0.51	0.50	0.48	0.17	0.12	0.11	0.11
	13	1.50	1.40	0.20	0.20	0.23	0.25	0.47	0.35	0.16	0.10	0.11	0.10
	17	1.25	1.25	0.15	0.19	0.44	0.31	0.52	0.28	0.08	0.07	0.11	0.11
Düngung OBERHANG	9	1.29	1.36	0.11	0.12	0.89	0.93	0.55	0.51	0.11	0.09	0.09	0.10
	10	1.38	1.44	0.21	0.17	0.52	0.63	0.67	0.62	0.18	0.14	0.11	0.11
	14	1.45	1.53	0.19	0.18	0.34	0.55	0.46	0.45	0.15	0.13	0.09	0.10
Düngung UNTERHANG	11	1.24	1.70	0.21	0.23	0.50	0.70	0.40	0.42	0.15	0.13	0.11	0.13
	12	1.39	1.67	0.14	0.18	0.36	0.67	0.45	0.69	0.09	0.10	0.10	0.10
	15	1.29	1.56	0.17	0.18	0.36	0.76	0.27	0.36	0.11	0.11	0.09	0.09

Nadeljahrgang 2

Baum	% N		% P		% K		% Ca		% Mg		% S		
	88	89	88	89	88	89	88	89	88	89	88	89	
Kontrolle	8	1.35	1.36	0.14	0.13	0.47	0.33	0.56	0.95	0.13	0.15	0.12	0.12
	13	1.15	1.08	0.16	0.15	0.21	0.23	0.55	0.64	0.13	0.10	0.09	0.10
	17	1.23	1.27	0.17	0.15	0.31	0.21	0.26	0.65	0.07	0.08	0.15	0.13
Düngung OBERHANG	9	1.40	1.41	0.09	0.09	0.81	0.67	0.71	0.91	0.09	0.09	0.11	0.12
	10	1.29	1.41	0.18	0.15	0.37	0.49	0.05	1.26	0.21	0.18	0.11	0.13
	14	1.13	1.32	0.15	0.16	0.19	0.46	0.63	0.73	0.14	0.12	0.08	0.09
Düngung UNTERHANG	11	1.21	1.59	0.10	0.23	0.49	0.68	0.50	0.64	0.15	0.14	0.13	0.15
	12	1.26	1.51	0.13	0.19	0.29	0.54	0.73	1.13	0.08	0.11	0.10	0.11
	15	1.18	1.36	0.12	0.13	0.26	0.67	0.44	0.60	0.11	0.10	0.09	0.09

Liechtenstein/Waldstein-Gleinalm

Düngungsfläche 10-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
	88	-	-	-	-	-
	89	1.30	0.18	0.27	0.24	0.08
1V	86	1.23	0.13	0.22	0.22	0.08
	87*	1.05	0.17	0.23	0.14	0.06
	88	-	-	-	-	-
	89	1.26	0.15	0.23	0.31	0.09
2	86	1.32	0.14	0.44	0.16	0.09
	87	1.18	0.12	0.40	0.15	0.09
	88	-	-	-	-	-
	89	1.23	0.14	0.43	0.29	0.09
2V	86	1.27	0.13	0.21	0.16	0.07
	87	1.79	0.37	0.46	0.13	0.08
	88	-	-	-	-	-
	89	1.18	0.15	0.29	0.38	0.11
3	86*	1.17	0.12	0.36	0.37	0.09
	87*	1.23	0.13	0.37	0.37	0.09
	88	-	-	-	-	-
	89	1.55	0.16	0.79	0.41	0.09
3V	86	1.03	0.10	0.19	0.23	0.09
	87*	1.01	0.11	0.29	0.21	0.08
	88	-	-	-	-	-
	89	1.35	0.15	0.64	0.33	0.10
4	86	1.25	0.12	0.36	0.30	0.08
	87	1.29	0.13	0.36	0.38	0.09
	88	-	-	-	-	-
	89	1.34	0.18	0.39	0.32	0.08
4V	86	1.13	0.13	0.21	0.31	0.09
	87	1.23	0.15	0.22	0.37	0.10
	88	-	-	-	-	-
	89	1.30	0.17	0.29	0.30	0.10

Liechtenstein/Waldstein-Gleinalm

Düngungsfläche 11-Nadeljahrgang 1

Baum	Jahr	% N	% P	% K	% Ca	% Mg
5	86	1.33	0.16	0.22	0.31	0.11
	87**	1.40	0.21	0.29	0.42	0.14
	88	1.36	0.22	0.33	0.53	0.15
	89	1.20	0.18	0.33	0.41	0.10
5V	86	1.04	0.15	0.23	0.15	0.07
	87**	1.14	0.16	0.24	0.16	0.07
	88	1.11	0.16	0.29	0.20	0.08
	89	1.06	0.15	0.22	0.23	0.08
6	86	1.46	0.23	0.75	0.27	0.12
	87	1.33	0.17	0.67	0.41	0.16
	88	1.41	0.18	0.62	0.56	0.20
	89	1.43	0.20	0.66	0.40	0.14
6V	86	1.44	0.14	0.14	0.14	0.08
	87	1.37	0.13	0.14	0.14	0.08
	88	1.59	0.19	0.13	0.17	0.07
	89	1.21	0.19	0.29	0.15	0.08

## FORSTPATHOLOGISCHE ERHEBUNGEN IM GEBIET DER GLEIN (IV)

### DIE ABHÄNGIGKEIT DER ELEKTRISCHEN WIDERSTANDSMESSUNG IM SPLINTHOLZ LEBENDER BÄUME VON ÄUSSEREN FAKTOREN

Christian Tomiczek

Die Messung des elektrischen Widerstandes im Splintholz lebender Bäume wird herangezogen, um Hinweise auf den aktuellen Gesundheitszustand zu gewinnen; die Interpretation der erhaltenen Daten ist relativ einfach, wenn eine Gruppe von Bäumen gemessen wird und die relativen Unterschiede von Baum zu Baum zu beurteilen sind. Schwieriger wird es, wenn Meßdaten verglichen werden sollen, die zu verschiedenen Zeiten und bei unterschiedlichen Witterungsbedingungen gewonnen wurden.

Ziel der vorliegenden Studie war die Erarbeitung von Grundlagen hierzu, um die elektrische Widerstandsmessung im Splintholz lebender Bäume als Gradmesser für den physiologischen Zustand der Bäume unter unterschiedlichen äußeren Voraussetzungen interpretieren zu können.

#### 1 Methodik

Zwischen Februar 1985 und März 1986 wurden an 17 ausgewählten Bäumen 7 verschiedener Baumarten (*Acer pseudoplatanus*, *Larix decidua*, *Picea abies*, *Pseudotsuga menziesii*, *Quercus cerris*, *Quercus robur*, *Tilia cordata*), welche keine makroskopisch erkennbaren Schadenssymptome aufwiesen, jeweils um die Mittagszeit an insgesamt 55 Meßtagen der elektrische Widerstand des Splintholzes bestimmt. Die Messungen erfolgten mit dem Conditiometer AS-1 in Verbindung mit der Doppelnadelsonde. Dabei wurden die Nadelspitzen in 130 cm Baumhöhe entsprechend den 4 Himmelsrichtungen und in Richtung der Leitungsbahnen möglichst weit in das Splintholz gedrückt und anschließend langsam herausgezogen. Der niedrigste vom Gerät angezeigte elektrische

Widerstand wurde als Meßwert notiert. Zusätzlich wurden Lufttemperatur und Luftfeuchtigkeit registriert und im Meßprotokoll eingetragen. Von den Meßdaten wurde das arithmetische Mittel errechnet und nach Baumarten in Gruppen zusammengefaßt, graphisch in Abhängigkeit vom Meßdatum dargestellt. Von der EDV der Forstlichen Bundesversuchsanstalt wurde die Abhängigkeit der Meßdaten von der Umgebungstemperatur und der relativen Luftfeuchtigkeit errechnet.

## 2 Ergebnisse

### Jahreszeit und elektrischer Widerstand

Das Auftreten saisonaler Schwankungen der elektrischen Eigenschaften von Pflanzen wurde bereits frühzeitig erkannt und von zahlreichen Autoren beschrieben (FENSOM, 1959 und 1963; NEWSBANKS und TATTAR, 1977; SYLVIA und TATTAR, 1978; DAVIS et al., 1979; UNGER, 1985; BÖTTCHER, 1987).

Alle Autoren, die sich mit dieser Thematik befaßten, stimmten darüber überein, daß die elektrischen Widerstände im Winter deutlich höher liegen, als im Frühjahr, Sommer und Herbst. Die niedrigsten Meßwerte wurden gewöhnlich in den Monaten Juli, August und September registriert.

FENSOM (1959 und 1963) erklärt die jahreszeitlichen Schwankungen durch saisonale Unterschiede in der Stoffwechselaktivität der Pflanze und dem Biopotential. GLERUM (1980) entdeckte, daß der Jahresgang des elektrischen Widerstandes bei Fichte viel ausgeprägter sei, als der von Kiefern.

DAVIS et al. (1979) stellten bei ihren Untersuchungen fest, daß *Quercus rubra*, *Pinus strobus* und *Acer rubrum* zwar einem ähnlichen jahreszeitlichen Trend folgen, aber die Amplitude der Meßwerte im Sommer bei *Quercus rubra* viel größer war, als bei *Pinus strobus*. Allgemein wird der Jahresgang der elektrischen Widerstände im Splintholz der Bäume auf eine enge Korrelation

zwischen Stoffwechselintensität und Konzentration mobiler Ionen zurückgeführt. Während der Vegetationsperiode ist die Ionenkonzentration am höchsten und der elektrische Widerstand weist ein Minimum auf. Dies erklärt aber nach UNGER (1985) nicht die Unterschiede zwischen den einzelnen Baumarten.

NEWSBANKS und TATTAR (1977) äußerten die Vermutung, es gäbe bei elektrischen Vitalitätsmessungen im Kambium noch unbekannte innere und äußere Faktoren, welche die Jahresperiodizität beeinflussen.

#### Jahreskurven der untersuchten Bäume

Im Anhang sind die Jahreskurven der Mittelwerte der elektrischen Widerstände (siehe Abbildung 1 - 17) wiedergegeben. Wegen der großen Streuung der Meßwerte während der Wintermonate (z.B. Fichte Nr.4 am 16.12. 1985: 36 KOhm und am 06.02.1986 : 343 KOhm) wurden die gemessenen Werte nur zwischen dem 13. März und dem 28. Oktober graphisch dargestellt.

Die Jahresgänge der elektrischen Widerstände des Splintholzes sind ähnlich einem Hyperbelast und wiesen zwischen dem 135.Tag und dem 235.Tag ein vegetationszeitliches Minimum auf. Der Gradient der Ausgleichskurve ist je nach Baumart unterschiedlich ausgeprägt; während Fichte und Eiche eher einen flachen Kurvenverlauf mit einer durchschnittlich geringeren Streubreite der Meßwerte aufwiesen, war die Amplitude der Meßwerte bei Douglasie, Lärche, Ahorn und Linde breiter.

Die Abhängigkeit der elektrischen Widerstände vom Baumdurchmesser wurde schon in vorangegangenen Publikationen diskutiert (vgl. JOHANN und TOMICZEK, 1984; TOMICZEK, 1987) und erklärt das relativ breite Streuband der Meßwerte aufgrund der BHD-Wertunterschiede der in Gruppen zusammengefaßten Bäume der gleichen Art bzw. Gattung.

Bei Vergleich der elektrischen Widerstände von *Quercus cerris* und *Quercus robur* (siehe Tabelle 2) läßt sich deutlich der verspätete Austrieb der Zerreichen erkennen. Ab etwa Mitte Mai

unterschieden sich die elektrischen Widerstände der beiden Eichenarten nur mehr geringfügig voneinander. Der niedrigste elektrische Widerstand wurde am 05.09.1985 mit 4,25 KOhm bei Baum Nr.9 (Quercus cerris) bei 21° C Lufttemperatur und 60 % relativer Luftfeuchtigkeit um 13,10 Uhr Ortszeit, der höchste Wert von 343 KOhm am 06.02.1986 bei Baum Nr.4 (Picea abies) bei -3° C Lufttemperatur und 75 % relativer Luftfeuchtigkeit gemessen.

Die Mittelwerte der elektrischen Widerstände des Splintholzes lagen bei den Laubbäumen zwischen dem 135. Tag und dem 235.Tag durchschnittlich niedriger als bei den Nadelbäumen.

#### Temperaturabhängigkeit der Widerstandsmessungen

Der Verlauf der Meßwertkurven läßt die Abhängigkeit des elektrischen Widerstandes im Splintholz von äußeren klimatischen Faktoren vermuten. Zur Klärung dieser Frage wurden die elektrischen Widerstände mit den Tagesmeßwerten der Lufttemperatur und der relativen Luftfeuchte verglichen und in ein Modell transformiert. Für die Abhängigkeit des elektrischen Widerstandes des Splintholzes lebender Bäume von der Umgebungstemperatur wurde folgende Gleichung gefunden:

$$\ln v = a + \frac{b}{T + 10}$$

$\ln v$  natürliche Logarithmus des elektrischen Widerstandes

T..... Lufttemperatur in °C

a,b...baumartenspezifische Konstanten

Der Korrelationskoeffizient der nach oben dargestellter Formel transformierten Werte aller Bäume beträgt für die erstellte Gleichung 0,7762. Diese Gleichung ist der von WAGNER (1980) publizierten Gleichung für die Korrektur der elektrischen Leitfähigkeit von natürlichen Gewässern sehr ähnlich,

$$x_t = e \left( a + \frac{b}{t+c} \right)$$

bei der die Konstanten a,b,c empirisch durch Messung ermittelt

werden und "t" die Wassertemperatur darstellt.

Dies läßt den Schluß zu, daß die unterschiedliche Transportgeschwindigkeit von in Wasser gelösten Ionen in Abhängigkeit von der Umgebungstemperatur der ausschlaggebende Faktor für die Unterschiede der elektrischen Widerstände im Splintholz ist.

Auf der Basis der erstellten Gleichung wurden Korrekturfaktoren für die Baumarten Douglasie, Lärche, Fichte, Ahorn, Eiche und Linde errechnet, welche die Außentemperatur und die Jahreszeit berücksichtigen (siehe Tabelle 3 - 8). Die Überprüfung dieser Korrekturfaktoren über einen längeren Zeitraum ergab, daß auf das 20° C Niveau angeglichenen Meßwerte deutlich besser vergleichbar sind, als nicht korrigierte Daten. Die in Tabelle 4 (Fichte) und Tabelle 5 (Lärche) für den Zeitraum 135. Tag bis 235. Tag im Modell errechneten elektrischen Widerstände und Korrekturfaktoren erscheinen für Lufttemperaturen von 0°-12°C zu niedrig zu liegen, wie Vergleichsmessungen in der Praxis gezeigt haben.

#### **Abhängigkeit von der Luftfeuchtigkeit**

Die Überprüfung der Abhängigkeit des elektrischen Widerstandes des Splintholzes von der umgebenden Luftfeuchte ergab keinen Zusammenhang. Es konnte jedoch festgestellt werden, daß bei sehr hoher Luftfeuchte die Rinde z.T. wie ein "Schwamm" wirkt und vergleichsweise zu niedrige Meßwerte registriert werden. Dies läßt die Empfehlung zu, bei sehr hoher Luftfeuchtigkeit und bei Regen keine Messungen des elektrischen Widerstandes durchzuführen.

### **3 Zusammenfassung**

Während eines Jahres wurden an 7 verschiedenen Baumarten an 55 Meßtagen der elektrische Widerstand des Splintholzes mittels Conditiometer AS-1 gemessen und mit der Umgebungstemperatur und der relativen Luftfeuchtigkeit in Relation gestellt.

Die Meßwerte aller Bäume folgten einem ausgeprägten Jahresgang mit hohen elektrischen Widerständen während der Wintermonate und konstant niedrigen Meßwerten innerhalb der Vegetationszeit.

Für die Abhängigkeit des elektrischen Widerstandes im Splintholz von der Umgebungstemperatur konnte die Gleichung

$$\ln v = a + \frac{b}{T + 10}$$

erstellt und Korrekturfaktoren zur Angleichung der Meßwerte auf ein bestimmtes Temperaturniveau errechnet werden. In bezug auf den Zusammenhang von Luftfeuchtigkeit und elektrischen Widerstand im Splintholz lebender Bäume konnte keine Korrelation festgestellt werden.

#### 4 Literatur

- BÖTTCHER, H.D., 1987: Leitfähigkeitsuntersuchungen an unterschiedlich geschädigten Fichten der Arten *Picea abies* (KARST.) sowie *Picea jezoensis* (CARR.) im Hessischen Forstamt Kaufungen. Forschungsberichte d. Hessischen Forstl. Versuchsanstalt, Bd. 4, 79-91.
- DAVIS, W.; SHIGO, A.; WEYRICK, R., 1979: Seasonal changes in electrical resistance of inner bark in red oak, red maple, and eastern white pine. *Forest Sci.*, 25, 282-286.
- FENSOM, D.S., 1959: The bio-electric potentials of plants and their functional significance. III. The production of continuous potentials across membranes in plant tissue by the circulation of the hydrogen ion. *Can.J.Bot.* 37, 1003-1026.
- FENSOM, D.S., 1963: The bio-electric potentials of plants and their functional significance. V. Some daily and seasonal changes in the electrical potential and resistance of living trees. *Can.J.Bot.* 41, 831-851.
- GLERUM, C., 1980: Electrical impedance techniques in physiological studies. *New Zealand J. of Forest Sci.* 10, 196-207.
- JOHANN, K.; TOMICZEK, CH., 1984: Vitalitätsmessungen an Fichten und Kiefern mittels Digitalströmungsmeßgeräten und Zusammenhänge mit ertragskundlichen Meßgrößen. *AFZ* 10, Informationsdienst d. FBVA, 225. Folge.
- NEWBANKS, D.; TATTAR, T.A., 1977: The relationship between electrical resistance and severity of decline symptoms in *Acer saccharum*. *Can.J.For.Res.* 7, 469-475.
- SYLVIA, D.M.; TATTAR, T.A., 1978: Electrical resistance properties of tree tissues in cankers incited by *Endothia parasitica* and *Nectria galligena*. *Can.J.For.Res.* 8, 162-167.
- TOMICZEK, CH., 1987: Schadensbeurteilung einer Waldbrandfläche mittels Digitalimpulsstromgerät. *Österr. Forstzeitung* Nr. 4, 78.
- UNGER, H., 1985: Die Messung des Wasserzustandes in Jungpflanzen und Bäumen mit Hilfe elektrischer Meßmethoden. Schriftenreihe des Waldbauinstituts d. Albert-Ludwig Universität Freiburg, 164.
- WAGNER, R., 1980: Temperaturfaktoren für die elektrische Leitfähigkeit von natürlichen Wässern. *Z. Wasser, Abwasser, Forschung* 13, Nr. 2.

**Tabelle 1: Daten der gemessenen Bäume**

Baum Nr.	Baumart	BHD (cm)
1	Douglasie	12
2	Douglasie	15
3	Fichte	12
4	Fichte	10
5	Fichte	22
6	Lärche	20
7	Bergahorn	41
8	Bergahorn	47
9	Zerreiche	66
10	Stieleiche	57
11	Bergahorn	33
12	Bergahorn	30
13	Fichte	45
14	Fichte	39
15	Fichte	34
16	Fichte	38
17	Linde	64

Douglasie (*Pseudotsuga menziesii*)

Fichte (*Picea abies*)

Lärche (*Larix decidua*)

Bergahorn (*Acer pseudoplatanus*)

Linde (*Tilia cordata*)

Zerreiche (*Quercus cerris*)

Stieleiche (*Quercus robur*)

Tabelle 2: Die elektrischen Widerstände im Splintholz von 17 Bäumen vom 27.2.1985 bis 21.3.1986

Datum	T °C	Lf. %	Baum 1	Baum 2	Baum 3	Baum 4	Baum 5	Baum 6	Baum 7	Baum 8
27.02	2,00	92,00	47,50	44,50	35,25	29,75	30,75	44,50	37,50	31,25
28.02	6,00	87,00	58,75	44,25	38,25	52,50	31,75	49,75	40,00	37,25
05.03	4,00	97,00	42,50	31,50	27,25	39,50	25,75	40,00	26,50	22,75
09.03	6,00	89,00	44,50	31,00	29,50	43,00	25,25	43,25	27,50	23,75
13.03	8,50	65,00	41,75	24,75	23,50	36,50	21,25	35,25	25,25	21,00
14.03	8,00	74,00	38,25	28,00	29,25	41,00	24,75	32,75	25,50	25,75
15.03	7,00	80,00	35,50	28,50	27,00	36,25	24,75	33,75	25,00	21,75
20.03	8,50	75,00	33,75	28,50	30,25	34,75	24,25	31,00	24,25	20,75
25.03	22,00	51,00	27,25	18,50	21,00	24,75	17,75	25,25	20,00	14,25
26.03	17,00	65,00	26,00	21,00	20,00	28,00	18,75	28,50	19,25	15,50
27.03	19,00	44,00	29,50	21,25	18,00	28,75	14,25	26,75	19,00	16,00
03.04	19,00	65,00	20,25	15,25	14,75	23,00	14,25	19,00	13,50	12,75
11.04	17,00	37,00	19,00	13,25	14,00	20,00	12,50	14,00	14,75	12,50
25.04	16,00	56,00	16,25	13,25	14,50	20,00	14,25	14,75	14,00	11,75
30.04	18,00	64,00	20,50	15,00	15,00	23,75	14,25	18,50	13,25	11,50
14.05	23,00	60,00	13,00	10,00	11,00	14,25	10,00	11,25	10,25	8,25
15.05	26,00	39,00	11,75	10,00	12,00	15,75	9,75	11,50	11,50	9,00
22.05	25,00	47,00	14,00	10,75	11,00	15,00	9,50	11,75	11,00	8,50
28.05	25,00	43,00	12,00	10,50	10,00	14,00	9,00	9,75	10,50	8,25
29.05	24,00	45,00	12,00	10,75	10,75	15,00	10,50	9,50	10,75	9,25
10.06	23,00	53,00	12,75	10,50	11,25	14,25	9,25	10,00	11,00	9,00
21.06	23,00	50,00	12,50	10,75	10,75	14,50	9,25	10,25	10,75	8,25
24.06	26,00	45,00	13,75	11,00	10,50	14,00	9,25	10,00	10,50	8,75
27.06	23,00	56,00	12,50	10,50	10,50	14,00	9,00	10,00	10,75	9,25
08.07	25,00	55,00	12,50	10,75	12,25	17,00	10,00	10,00	12,00	8,25
10.07	22,00	63,00	16,75	11,50	13,00	19,25	11,25	12,00	10,00	8,00
11.07	26,00	42,00	13,75	11,00	12,25	16,75	13,50	12,00	11,00	8,00
17.07	20,00	59,00	15,00	10,50	11,75	17,75	9,25	10,00	12,00	8,00
25.07	30,00	38,00	14,00	12,00	11,00	18,75	11,50	11,25	9,00	7,50
01.08	28,00	45,00	13,75	11,75	11,75	18,50	10,50	11,25	10,00	8,25
05.08	26,00	45,00	14,50	12,00	11,50	18,25	10,75	10,75	9,25	7,75
23.08	24,00	52,00	17,75	12,75	13,25	20,25	11,75	11,75	10,75	8,25
05.09	21,00	59,00	19,00	13,25	14,00	22,75	11,75	12,75	9,75	7,50
12.09	18,00	64,00	22,00	16,25	16,25	26,00	11,25	15,50	9,25	8,50
13.09	20,00	58,00	24,75	15,50	18,25	27,00	15,00	14,00	9,00	7,75
17.09	20,00	65,00	24,50	17,25	18,75	24,50	12,75	13,50	9,00	8,75
24.09	18,00	70,00	24,75	18,25	19,25	27,75	14,75	18,25	10,75	10,00
07.10	15,00	74,00	30,25	23,50	23,25	29,00	16,25	22,75	15,00	11,50
18.10	15,00	77,00	32,75	24,25	23,00	29,50	15,75	24,75	18,75	11,75
22.10	16,00	75,00	34,75	27,25	27,00	37,00	16,50	23,25	19,75	11,75
25.10	10,00	73,00	41,00	35,00	31,00	40,00	21,00	36,25	14,25	17,00
28.10	8,00	75,00	40,25	36,00	29,00	43,00	17,00	30,50	22,50	18,25
07.11	10,00	77,00	40,50	34,50	27,00	40,00	21,00	24,00	23,00	13,50
15.11	4,00	85,00	37,00	39,25	30,75	40,00	22,50	30,25	18,00	18,00
27.11	0,00	83,00	97,00	98,00	97,00	134,25	28,75	48,00	39,00	39,00
16.12	11,00	80,00	41,50	28,50	25,25	36,50	28,00	22,00	17,50	17,00
22.12	-3,00	71,00	86,25	103,50	111,00	106,75	46,25	56,75	56,00	55,75
03.01	-2,00	63,00	64,00	58,00	73,25	60,00	42,50	48,00	61,25	61,00
28.01	0,00	63,00	59,50	39,00	38,50	60,50	26,00	37,00	44,00	29,75
06.02	-3,00	76,00	313,00	252,25	266,00	343,00	247,00	201,00	178,00	189,00
21.02	-4,00	71,00	189,25	151,00	159,50	188,75	154,00	151,50	172,00	146,00
10.03	10,00	82,00	31,50	24,50	22,50	36,75	20,00	35,25	24,00	18,50
14.03	5,00	85,00	39,00	28,00	26,00	32,00	23,25	32,50	23,75	21,00
17.03	9,00	72,00	29,00	24,50	23,00	30,50	18,00	33,00	19,00	14,00
21.03	7,50	80,00	33,25	25,50	22,00	32,25	20,00	27,50	20,50	14,50

Tabelle 2: Fortsetzung

Datum	T °C	Lf. %	Baum9	Baum10	Baum11	Baum12	Baum13	Baum14	Baum15	Baum16	Baum17
27.02	2,00	92,00	31,25	58,00	30,50	29,50	24,50	36,00	36,75	35,75	69,00
28.02	6,00	87,00	72,50	28,75	32,75	31,25	35,75	20,50	31,00	33,25	76,75
05.03	4,00	97,00	31,75	21,75	25,00	29,75	20,50	25,75	33,25	29,75	46,75
09.03	6,00	89,00	34,25	22,50	20,25	32,75	17,00	22,50	30,00	27,00	38,50
13.03	8,50	65,00	29,75	20,50	17,75	27,00	17,25	23,25	27,75	25,50	33,25
14.03	8,00	74,00	23,50	23,25	20,50	27,00	16,50	20,75	27,50	24,00	26,50
15.03	7,00	80,00	25,50	19,50	19,50	29,25	17,50	23,25	27,25	24,25	26,00
20.03	8,50	75,00	25,00	20,75	19,25	26,25	18,75	22,00	24,50	23,50	22,50
25.03	22,00	51,00	19,50	15,25	11,25	14,00	13,75	17,00	14,75	17,00	16,00
26.03	17,00	65,00	21,00	15,25	12,25	17,75	12,25	15,00	16,50	16,00	15,75
27.03	19,00	44,00	23,00	12,25	11,75	18,25	12,75	16,50	16,75	15,50	15,00
03.04	19,00	65,00	14,25	11,00	11,25	16,00	12,50	13,25	15,75	15,25	15,00
11.04	17,00	37,00	12,00	11,25	9,25	13,25	11,25	13,25	14,25	14,25	13,75
25.04	16,00	56,00	14,75	10,75	8,50	13,25	11,75	16,25	20,50	16,75	15,25
30.04	18,00	64,00	10,00	10,25	10,25	12,75	11,50	13,00	19,00	14,75	14,00
14.05	23,00	60,00	7,25	7,00	7,25	9,00	8,00	10,75	16,00	12,00	12,00
15.05	26,00	39,00	8,00	6,75	9,00	9,75	9,00	11,75	11,00	12,00	11,75
22.05	25,00	47,00	7,75	9,50	7,75	10,00	11,00	11,00	14,00	13,00	12,00
28.05	25,00	43,00	8,50	9,00	7,25	10,75	9,00	10,50	14,00	11,50	11,00
29.05	24,00	45,00	8,75	9,00	7,25	10,00	9,75	10,75	14,00	12,75	12,00
10.06	23,00	53,00	8,75	9,50	8,00	10,25	9,25	11,75	13,75	11,00	10,25
21.06	23,00	50,00	8,50	9,25	7,25	10,25	9,00	10,75	13,75	11,50	10,00
24.06	26,00	45,00	8,75	9,00	7,75	10,00	9,25	10,75	13,50	11,25	11,25
27.06	23,00	56,00	8,00	9,50	7,25	9,75	9,50	10,75	14,00	11,75	9,50
08.07	25,00	55,00	8,25	9,00	7,00	7,75	10,75	11,50	13,75	12,25	8,00
10.07	22,00	63,00	8,75	8,50	7,75	9,00	11,50	12,00	12,00	15,00	8,25
11.07	26,00	42,00	8,00	7,00	7,75	7,25	11,00	12,25	14,00	11,00	9,25
17.07	20,00	59,00	8,00	9,00	9,00	8,00	8,00	12,75	13,00	13,00	8,00
25.07	30,00	38,00	9,00	8,00	6,00	9,75	9,75	10,50	10,00	11,50	7,25
01.08	28,00	45,00	8,25	8,75	7,50	9,75	9,75	11,50	11,75	12,00	8,75
05.08	26,00	45,00	8,25	8,50	7,25	9,00	9,00	10,75	10,75	12,75	9,25
23.08	24,00	52,00	8,75	8,75	7,75	9,00	9,00	11,75	12,00	15,25	9,25
05.09	21,00	59,00	4,25	8,50	7,75	11,25	9,00	13,50	13,75	16,00	9,75
12.09	18,00	64,00	10,00	9,50	8,75	13,00	12,50	12,25	20,75	18,25	12,50
13.09	20,00	58,00	7,75	9,75	8,25	9,50	11,75	14,50	16,50	15,25	15,75
17.09	20,00	65,00	10,75	11,50	7,50	10,00	12,00	15,50	18,50	16,75	15,25
24.09	18,00	70,00	10,00	11,75	9,75	10,25	12,00	17,00	19,00	17,25	13,75
07.10	15,00	74,00	9,50	14,00	10,75	10,25	12,50	17,25	18,50	17,75	13,00
18.10	15,00	77,00	9,50	14,25	10,75	10,00	12,25	17,50	18,25	22,00	13,00
22.10	16,00	75,00	9,25	15,75	13,25	18,75	26,50	20,50	22,25	22,00	13,50
25.10	10,00	73,00	13,00	16,00	14,00	21,00	18,00	24,00	20,00	24,25	15,00
28.10	8,00	75,00	13,00	14,25	13,25	17,00	15,25	22,00	22,00	23,00	14,00
07.11	10,00	77,00	16,00	14,00	12,25	18,00	15,00	22,25	22,00	28,00	15,50
15.11	4,00	85,00	20,00	29,00	22,00	16,00	15,00	22,00	19,50	33,50	21,00
27.11	0,00	83,00	72,50	74,00	28,00	46,00	19,75	35,00	38,75	22,00	23,75
16.12	11,00	80,00	17,25	28,75	12,50	16,00	23,00	27,50	34,50	31,00	17,00
22.12	-3,00	71,00	104,00	89,00	46,75	52,75	21,00	28,00	29,00	31,00	25,00
03.01	-2,00	63,00	100,25	72,00	40,00	39,25	20,25	27,00	34,00	31,00	23,00
28.01	0,00	63,00	51,00	68,50	41,00	42,50	16,75	27,00	31,25	28,75	21,25
06.02	-3,00	76,00	140,25	197,00	93,00	141,00	127,00	119,00	185,25	199,00	165,00
21.02	-4,00	71,00	173,75	183,00	107,00	113,00	101,00	89,50	113,00	110,00	99,00
10.03	10,00	82,00	20,00	27,25	23,25		15,50	23,25	22,00	24,00	14,00
14.03	5,00	85,00	19,00	34,00	27,00		18,00	23,50	23,00	23,75	20,00
17.03	9,00	72,00	18,75	21,00	22,00		25,00	18,00	21,50	20,00	13,25
21.03	7,50	80,00	20,00	23,00	22,00		18,75	17,50	21,00	18,00	14,75

**Tabelle 3: Zusammenhang zwischen elektrischem Widerstand und Temperatur nach Zeiträumen geordnet**

Temperatur Grad C	B e o b a c h t u n g s z e i t r a u m					
	70. bis 134. Tag		135. bis 235. Tag		236. bis 300. Tag	
	Widerstand Kilo-Ohm	Korrektur- faktor	Widerstand Kilo-Ohm	Korrektur- faktor	Widerstand Kilo-Ohm	Korrektur- faktor
0	82.82	4.72	15.97	1.26	411.56	21.25
1	67.02	3.82	15.48	1.22	271.28	14.01
2	56.19	3.20	15.08	1.19	191.68	9.90
3	48.40	2.76	14.75	1.16	142.87	7.38
4	42.59	2.43	14.47	1.14	111.05	5.74
5	38.13	2.17	14.24	1.12	89.27	4.61
6	34.60	1.97	14.04	1.11	73.75	3.81
7	31.77	1.81	13.86	1.09	62.31	3.22
8	29.44	1.68	13.70	1.08	53.64	2.77
9	27.50	1.57	13.57	1.07	46.91	2.42
10	25.87	1.47	13.45	1.06	41.58	2.15
11	24.47	1.39	13.34	1.05	37.28	1.93
12	23.27	1.33	13.24	1.04	33.75	1.74
13	22.23	1.27	13.15	1.04	30.83	1.59
14	21.31	1.21	13.07	1.03	28.37	1.47
15	20.50	1.17	12.99	1.02	26.29	1.36
16	19.78	1.13	12.92	1.02	24.50	1.27
17	19.13	1.09	12.86	1.01	22.95	1.19
18	18.55	1.06	12.80	1.01	21.60	1.12
19	18.03	1.03	12.75	1.00	20.41	1.05
20	17.55	1.00	12.70	1.00	19.36	1.00
21	17.12	0.98	12.65	1.00	18.43	0.95
22	16.72	0.95	12.61	0.99	17.60	0.91
23	16.36	0.93	12.57	0.99	16.85	0.87
24	16.02	0.91	12.53	0.99	16.18	0.84
25	15.71	0.90	12.49	0.98	15.57	0.80
26	15.42	0.88	12.46	0.98	15.01	0.78
27	15.16	0.86	12.42	0.98	14.50	0.75
28	14.91	0.85	12.39	0.98	14.04	0.72
29	14.68	0.84	12.37	0.97	13.61	0.70
30	14.46	0.82	12.34	0.97	13.21	0.68
31	14.25	0.81	12.31	0.97	12.85	0.66
32	14.06	0.80	12.29	0.97	12.51	0.65
33	13.88	0.79	12.26	0.97	12.20	0.63
34	13.71	0.78	12.24	0.96	11.91	0.61
35	13.55	0.77	12.22	0.96	11.63	0.60
Korrelations- koeffizient:	0.737		0.049		0.766	
T-Wert:	5.769		0.266		4.769	
Mittelwert:	3.141		2.526		3.161	
Standardab- weichung:	0.373		0.138		0.317	

**Tabelle 4: Zusammenhang zwischen elektrischem Widerstand und Temperatur nach Zeiträumen geordnet**

Fichte	B e o b a c h t u n g s z e i t r a u m					
	70. bis 134. Tag		135. bis 235. Tag		236. bis 300 Tag	
	Temperatur Grad C	Widerstand Kilo-Ohm	Korrektur- faktor	Widerstand Kilo-Ohm	Korrektur- faktor	Widerstand Kilo-Ohm
0	51.78	3.40	8.29	0.71	98.12	6.07
1	43.83	2.88	8.68	0.75	76.73	4.74
2	38.14	2.50	9.02	0.78	62.52	3.86
3	33.90	2.23	9.32	0.80	52.57	3.25
4	30.65	2.01	9.58	0.82	45.31	2.80
5	28.09	1.84	9.81	0.84	39.84	2.46
6	26.02	1.71	10.02	0.86	35.60	2.20
7	24.32	1.60	10.21	0.88	32.23	1.99
8	22.91	1.50	10.38	0.89	29.50	1.82
9	21.71	1.42	10.54	0.91	27.26	1.69
10	20.69	1.36	10.68	0.92	25.39	1.57
11	19.80	1.30	10.81	0.93	23.80	1.47
12	19.03	1.25	10.93	0.94	22.45	1.39
13	18.35	1.20	11.04	0.95	21.28	1.32
14	17.75	1.17	11.14	0.96	20.27	1.25
15	17.22	1.13	11.23	0.97	19.37	1.20
16	16.74	1.10	11.32	0.97	18.58	1.15
17	16.31	1.07	11.40	0.98	17.88	1.11
18	15.92	1.04	11.48	0.99	17.25	1.07
19	15.56	1.02	11.55	0.99	16.69	1.03
20	15.24	1.00	11.62	1.00	16.18	1.00
21	14.94	0.98	11.68	1.01	15.71	0.97
22	14.66	0.96	11.74	1.01	15.29	0.95
23	14.41	0.95	11.80	1.02	14.90	0.92
24	14.18	0.93	11.85	1.02	14.55	0.90
25	13.96	0.92	11.90	1.02	14.22	0.88
26	13.76	0.90	11.95	1.03	13.92	0.86
27	13.57	0.89	12.00	1.03	13.64	0.84
28	13.39	0.88	12.04	1.04	13.38	0.83
29	13.23	0.87	12.08	1.04	13.14	0.81
30	13.07	0.86	12.12	1.04	12.91	0.80
31	12.93	0.85	12.16	1.05	12.70	0.79
32	12.79	0.84	12.19	1.05	12.50	0.77
33	12.66	0.83	12.23	1.05	12.32	0.76
34	12.54	0.82	12.26	1.06	12.14	0.75
35	12.43	0.82	12.29	1.06	11.98	0.74
Korrelations- koeffizient:	0.674		-0.052		0.457	
T-Wert:	9.261		0.547		4.018	
Mittelwert:	2.941		2.475		2.900	
Standardab- weichung:	0.318		0.187		0.306	

Tabelle 5: Zusammenhang zwischen elektrischem Widerstand und Temperatur nach Zeiträumen geordnet

Lärche	B e o b a c h t u n g s z e i t r a u m					
	70. bis 134. Tag		135. bis 235. Tag		236. bis 300. Tag	
Temperatur Grad C	Vitalität Kilo-Ohm	Korrektur- faktor	Vitalität Kilo-Ohm	Korrektur- faktor	Vitalität Kilo-Ohm	Korrektur- faktor
0	80.40	4.32	5.33	0.52	803.36	54.27
1	65.85	3.54	5.83	0.57	466.00	31.48
2	55.76	3.00	6.28	0.61	295.99	19.99
3	48.44	2.60	6.69	0.65	201.60	13.62
4	42.94	2.31	7.06	0.69	145.06	9.80
5	38.67	2.08	7.39	0.72	109.05	7.37
6	35.29	1.90	7.70	0.75	84.96	5.74
7	32.56	1.75	7.99	0.78	68.17	4.60
8	30.30	1.63	8.25	0.80	56.05	3.79
9	28.42	1.53	8.49	0.83	47.04	3.18
10	26.82	1.44	8.71	0.85	40.18	2.71
11	25.46	1.37	8.92	0.87	34.84	2.35
12	24.27	1.30	9.11	0.89	30.60	2.07
13	23.24	1.25	9.29	0.91	27.18	1.84
14	22.34	1.20	9.45	0.92	24.39	1.65
15	21.54	1.16	9.61	0.94	22.07	1.49
16	20.82	1.12	9.76	0.95	20.13	1.36
17	20.18	1.08	9.89	0.96	18.48	1.25
18	19.60	1.05	10.02	0.98	17.07	1.15
19	19.08	1.03	10.15	0.99	15.86	1.07
20	18.60	1.00	10.26	1.00	14.80	1.00
21	18.17	0.98	10.37	1.01	13.88	0.94
22	17.77	0.96	10.47	1.02	13.07	0.88
23	17.41	0.94	10.57	1.03	12.35	0.83
24	17.07	0.92	10.67	1.04	11.70	0.79
25	16.76	0.90	10.75	1.05	11.13	0.75
26	16.47	0.89	10.84	1.06	10.61	0.72
27	16.20	0.87	10.92	1.06	10.15	0.69
28	15.95	0.86	10.99	1.07	9.72	0.66
29	15.71	0.84	11.07	1.08	9.34	0.63
30	15.49	0.83	11.14	1.09	8.99	0.61
31	15.29	0.82	11.21	1.09	8.66	0.59
32	15.09	0.81	11.27	1.10	8.37	0.57
33	14.91	0.80	11.33	1.10	8.09	0.55
34	14.74	0.79	11.39	1.11	7.84	0.53
35	14.58	0.78	11.45	1.12	7.61	0.51
Korrelations- koeffizient:	0.717		-0.248		0.964	
T-Wert:	3.709		0.959		9.621	
Mittelwert:	3.183		2.372		2.953	
Standardab- weichung:	0.368		0.078		0.339	

**Tabelle 6: Zusammenhang zwischen elektrischem Widerstand und Temperatur nach Zeiträumen geordnet**

Ahorn

Beobachtungszeitraum

Temperatur Grad C	70. bis 134. Tag		135. bis 235. Tag		236. bis 300. Tag	
	Widerstand Kilo-Ohm	Korrektur- faktor	Widerstand Kilo-Ohm	Korrektur- faktor	Widerstand Kilo-Ohm	Korrektur- faktor
0	61.73	4.96	17.80	1.91	112.20	11.80
1	49.62	3.99	16.29	1.75	80.14	8.43
2	41.37	3.32	15.13	1.63	60.54	6.36
3	35.47	2.85	14.22	1.53	47.75	5.02
4	31.08	2.50	13.48	1.45	38.97	4.10
5	27.72	2.23	12.86	1.38	32.67	3.43
6	25.08	2.01	12.35	1.33	28.00	2.94
7	22.96	1.84	11.92	1.28	24.44	2.57
8	21.23	1.71	11.54	1.24	21.65	2.28
9	19.79	1.59	11.22	1.21	19.43	2.04
10	18.58	1.49	10.94	1.18	17.63	1.85
11	17.54	1.41	10.68	1.15	16.14	1.70
12	16.66	1.34	10.46	1.13	14.90	1.57
13	15.88	1.28	10.26	1.10	13.85	1.46
14	15.21	1.22	10.08	1.08	12.95	1.36
15	14.61	1.17	9.92	1.07	12.17	1.28
16	14.08	1.13	9.77	1.05	11.50	1.21
17	13.61	1.09	9.64	1.04	10.91	1.15
18	13.18	1.06	9.51	1.02	10.39	1.09
19	12.80	1.03	9.40	1.01	9.93	1.04
20	12.45	1.00	9.30	1.00	9.51	1.00
21	12.13	0.97	9.20	0.99	9.14	0.96
22	11.84	0.95	9.11	0.98	8.81	0.93
23	11.57	0.93	9.03	0.97	8.50	0.89
24	11.33	0.91	8.95	0.96	8.23	0.86
25	11.10	0.89	8.87	0.95	7.97	0.84
26	10.89	0.88	8.81	0.95	7.74	0.81
27	10.70	0.86	8.74	0.94	7.53	0.79
28	10.52	0.84	8.68	0.93	7.34	0.77
29	10.35	0.83	8.62	0.93	7.15	0.75
30	10.19	0.82	8.57	0.92	6.99	0.73
31	10.04	0.81	8.52	0.92	6.83	0.72
32	9.90	0.80	8.47	0.91	6.69	0.70
33	9.77	0.79	8.43	0.91	6.55	0.69
34	9.65	0.78	8.38	0.90	6.42	0.68
35	9.53	0.77	8.34	0.90	6.30	0.66
Korrelations- koeffizient:	0.775		0.118		0.700	
T-Wert:	9.099		0.933		5.721	
Mittelwert:	2.789		2.186		2.412	
Standardab- weichung:	0.356		0.160		0.276	

**Tabelle 7: Zusammenhang zwischen elektrischem Widerstand und Temperatur nach Zeiträumen geordnet**

Eiche	B e o b a c h t u n g s z e i t r a u m					
	70. bis 134. Tag		135. bis 235. Tag		236. bis 300. Tag	
	Temperatur Grad C	Widerstand Kilo-Ohm	Korrektur- faktor	Widerstand Kilo-Ohm	Korrektur- faktor	Widerstand Kilo-Ohm
0	67.38	5.40	19.92	2.18	84.15	9.20
1	53.53	4.29	17.91	1.96	62.18	6.80
2	44.19	3.54	16.38	1.80	48.32	5.28
3	37.57	3.01	15.20	1.67	39.04	4.27
4	32.70	2.62	14.25	1.56	32.51	3.55
5	28.98	2.32	13.48	1.48	27.75	3.03
6	26.08	2.09	12.83	1.41	24.16	2.64
7	23.77	1.91	12.29	1.35	21.37	2.34
8	21.88	1.75	11.83	1.30	19.17	2.10
9	20.32	1.63	11.43	1.25	17.39	1.90
10	19.01	1.52	11.08	1.22	15.93	1.74
11	17.90	1.44	10.78	1.18	14.72	1.61
12	16.94	1.36	10.51	1.15	13.70	1.50
13	16.12	1.29	10.27	1.13	12.83	1.40
14	15.40	1.23	10.05	1.10	12.07	1.32
15	14.76	1.18	9.86	1.08	11.42	1.25
16	14.20	1.14	9.68	1.06	10.85	1.19
17	13.69	1.10	9.52	1.04	10.35	1.13
18	13.24	1.06	9.38	1.03	9.90	1.08
19	12.84	1.03	9.24	1.01	9.51	1.04
20	12.47	1.00	9.12	1.00	9.15	1.00
21	12.13	0.97	9.00	0.99	8.83	0.96
22	11.83	0.95	8.90	0.98	8.54	0.93
23	11.55	0.93	8.80	0.97	8.27	0.90
24	11.29	0.91	8.71	0.96	8.03	0.88
25	11.05	0.89	8.62	0.95	7.81	0.85
26	10.83	0.87	8.54	0.94	7.61	0.83
27	10.63	0.85	8.47	0.93	7.42	0.81
28	10.44	0.84	8.40	0.92	7.24	0.79
29	10.26	0.82	8.33	0.91	7.08	0.77
30	10.10	0.81	8.27	0.91	6.93	0.76
31	9.94	0.80	8.21	0.90	6.79	0.74
32	9.80	0.79	8.15	0.89	6.66	0.73
33	9.66	0.77	8.10	0.89	6.54	0.72
34	9.53	0.76	8.05	0.88	6.43	0.70
35	9.41	0.75	8.00	0.88	6.32	0.69
Korrelations- koeffizient:	0.740		0.262		0.562	
T-Wert:	5.821		1.486		2.717	
Mittelwert:	2.823		2.158		2.357	
Standardab- weichung:	0.404		0.087		0.313	

**Tabelle 8: Zusammenhang zwischen elektrischem Widerstand und Temperatur nach Zeiträumen geordnet**

Linde	B e o b a c h t u n g s z e i t r a u m					
	70. bis 134. Tag		135. bis 235. Tag		236. bis 300. Tag	
	Temperatur Grad C	Vitalität Kilo-Ohm	Korrektur- faktor	Vitalität Kilo-Ohm	Korrektur- faktor	Vitalität Kilo-Ohm
0	21.46	1.00	9.45	1.12	17.37	1.27
1	21.45	1.00	9.30	1.11	16.81	1.23
2	21.45	1.00	9.18	1.09	16.35	1.20
3	21.45	1.00	9.08	1.08	15.98	1.17
4	21.44	1.00	8.99	1.07	15.66	1.15
5	21.44	1.00	8.92	1.06	15.39	1.13
6	21.44	1.00	8.85	1.05	15.16	1.11
7	21.43	1.00	8.80	1.05	14.96	1.10
8	21.43	1.00	8.75	1.04	14.79	1.08
9	21.43	1.00	8.70	1.03	14.63	1.07
10	21.43	1.00	8.66	1.03	14.49	1.06
11	21.43	1.00	8.63	1.03	14.37	1.05
12	21.43	1.00	8.59	1.02	14.25	1.04
13	21.43	1.00	8.56	1.02	14.15	1.04
14	21.42	1.00	8.54	1.01	14.06	1.03
15	21.42	1.00	8.51	1.01	13.97	1.02
16	21.42	1.00	8.49	1.01	13.90	1.02
17	21.42	1.00	8.47	1.01	13.83	1.01
18	21.42	1.00	8.45	1.00	13.76	1.01
19	21.42	1.00	8.43	1.00	13.70	1.00
20	21.42	1.00	8.41	1.00	13.64	1.00
21	21.42	1.00	8.40	1.00	13.59	1.00
22	21.42	1.00	8.38	1.00	13.54	0.99
23	21.42	1.00	8.37	0.99	13.49	0.99
24	21.42	1.00	8.36	0.99	13.45	0.99
25	21.42	1.00	8.34	0.99	13.41	0.98
26	21.42	1.00	8.33	0.99	13.37	0.98
27	21.42	1.00	8.32	0.99	13.33	0.98
28	21.42	1.00	8.31	0.99	13.30	0.97
29	21.42	1.00	8.30	0.99	13.27	0.97
30	21.41	1.00	8.29	0.99	13.23	0.97
31	21.41	1.00	8.28	0.98	13.21	0.97
32	21.41	1.00	8.27	0.98	13.18	0.97
33	21.41	1.00	8.27	0.98	13.15	0.96
34	21.41	1.00	8.26	0.98	13.13	0.96
35	21.41	1.00	8.25	0.98	13.10	0.96
Korrelations- koeffizient:	0.000		0.051		0.127	
T-Wert:	0.001		0.124		0.339	
Mittelwert:	3.065		2.122		2.629	
Standardab- weichung:	0.333		0.092		0.156	

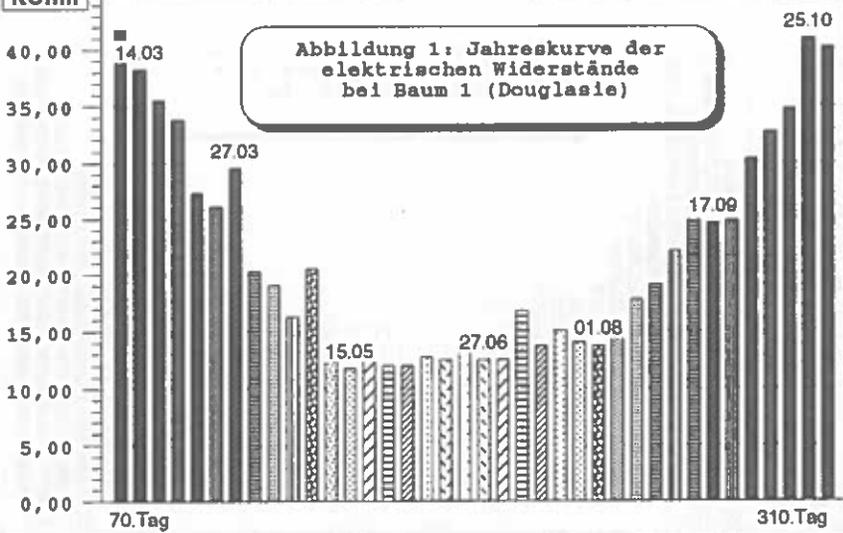
KOhm

40,00  
35,00  
30,00  
25,00  
20,00  
15,00  
10,00  
5,00  
0,00

Abbildung 1: Jahreskurve der elektrischen Widerstände bei Baum 1 (Douglasie)

70.Tag

310.Tag



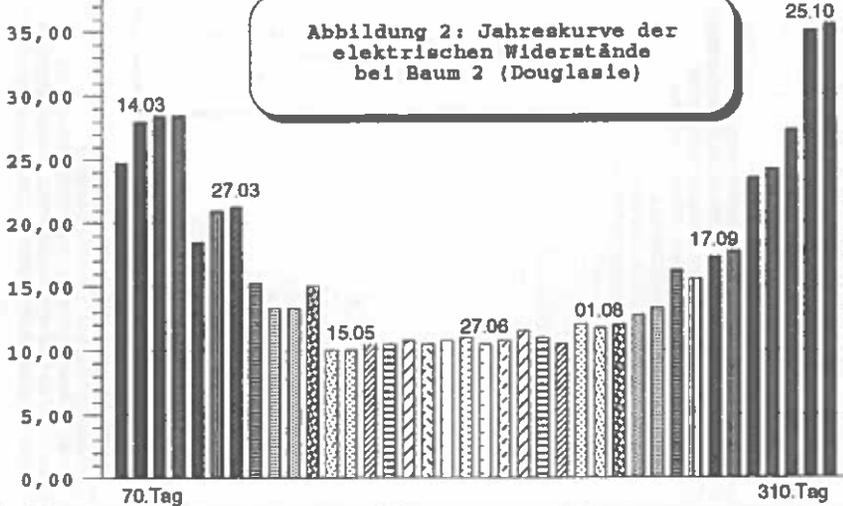
KOhm

35,00  
30,00  
25,00  
20,00  
15,00  
10,00  
5,00  
0,00

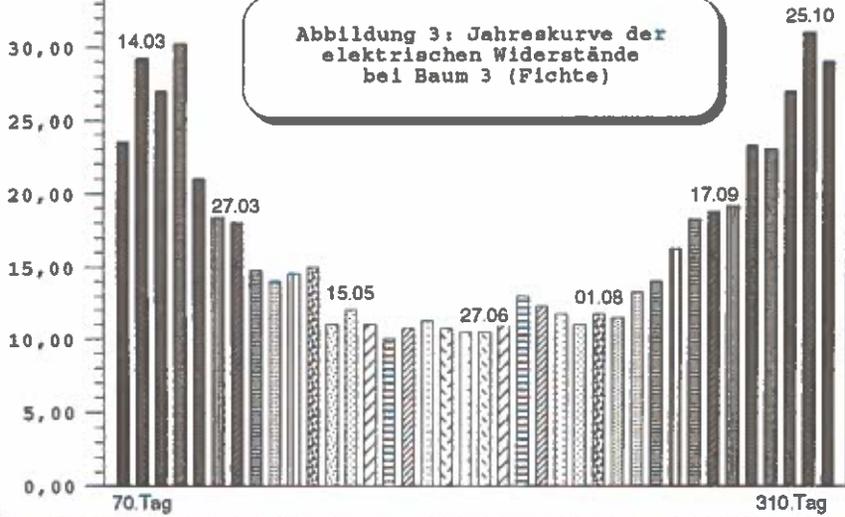
Abbildung 2: Jahreskurve der elektrischen Widerstände bei Baum 2 (Douglasie)

70.Tag

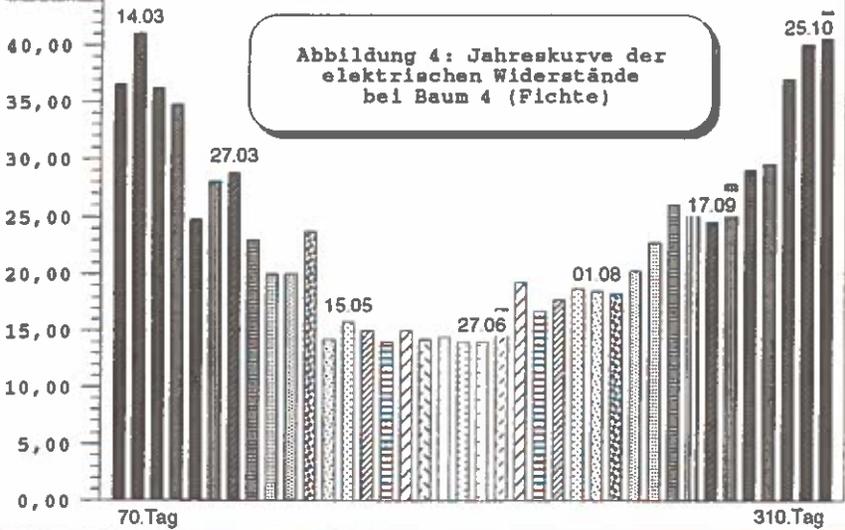
310.Tag

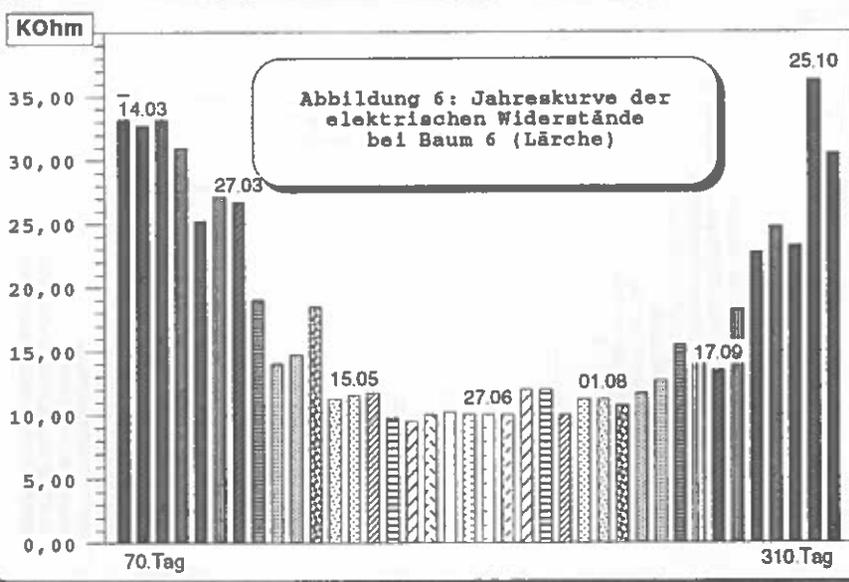
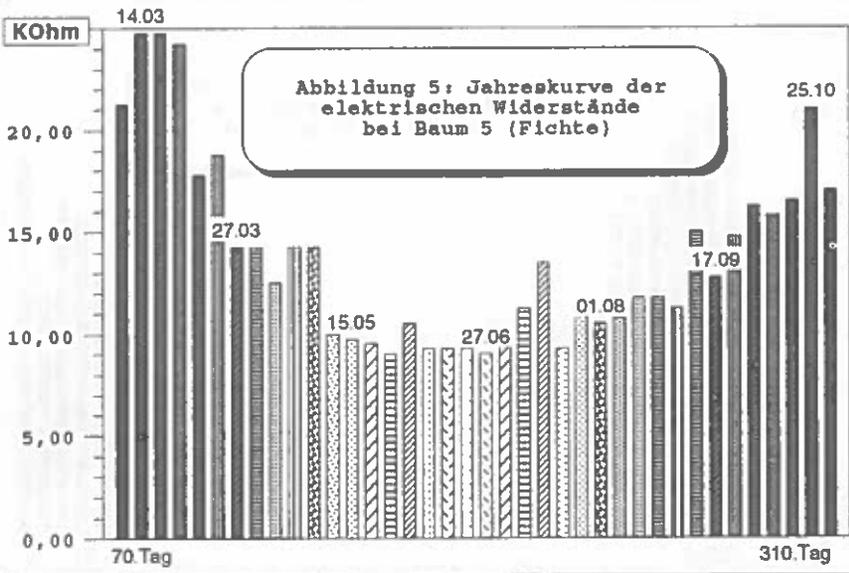


KOhm

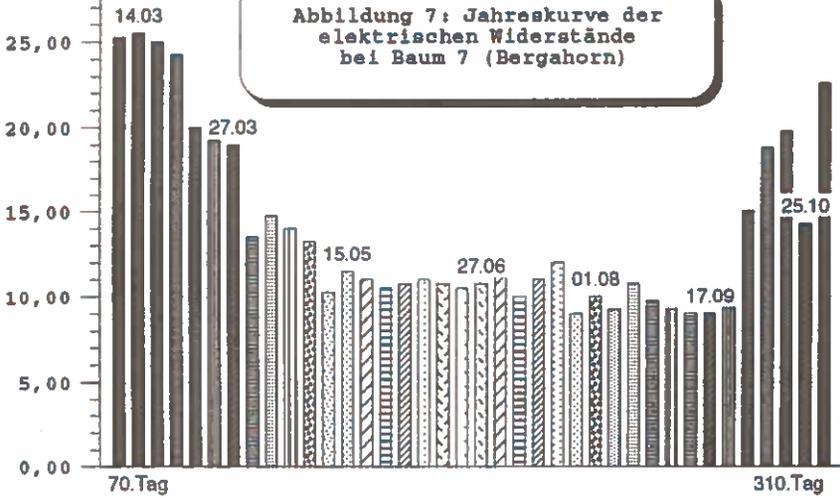


KOhm

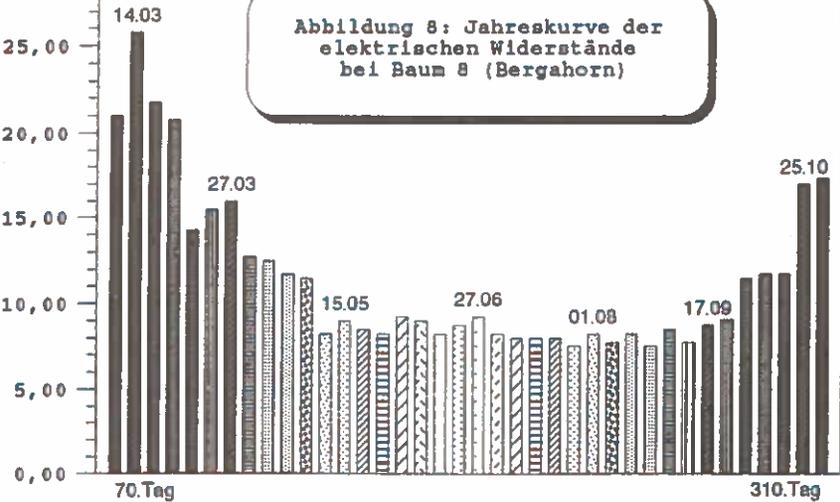




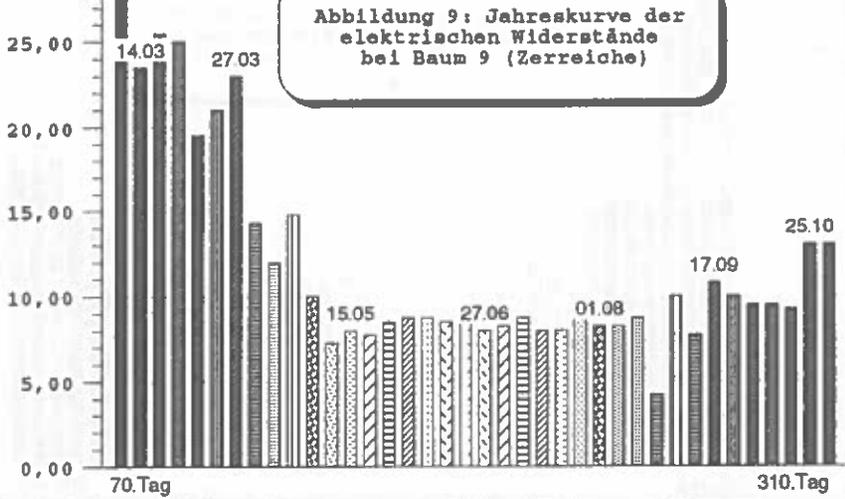
KOhm



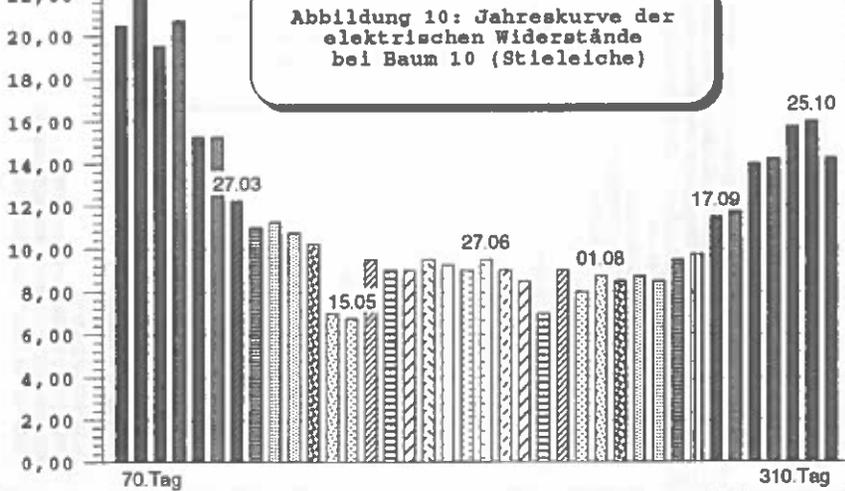
KOhm

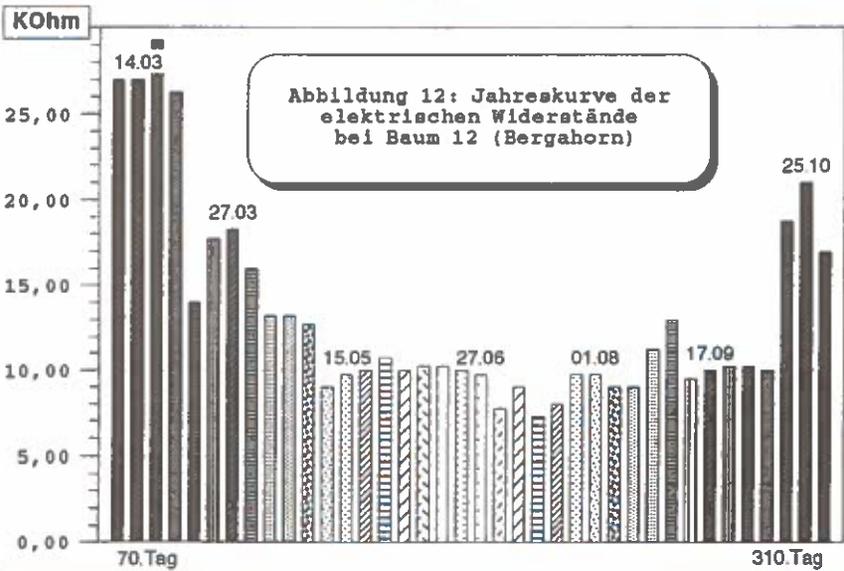
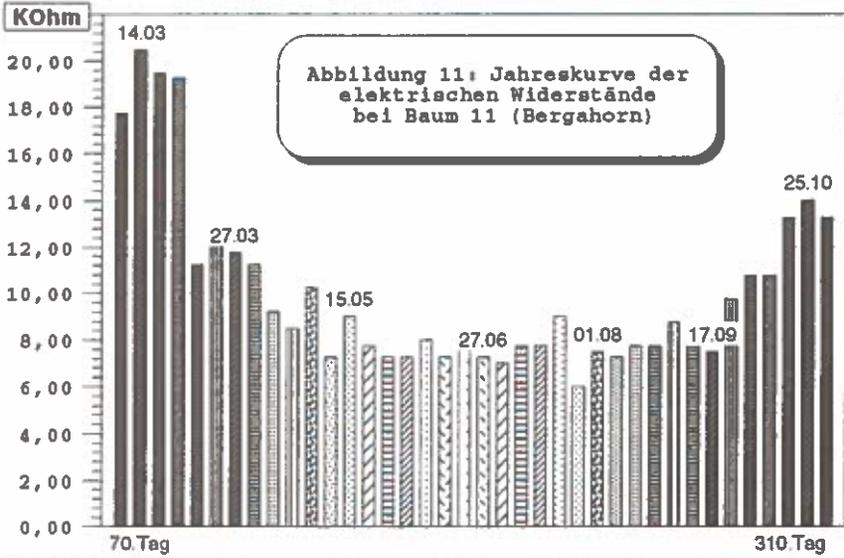


KOhm



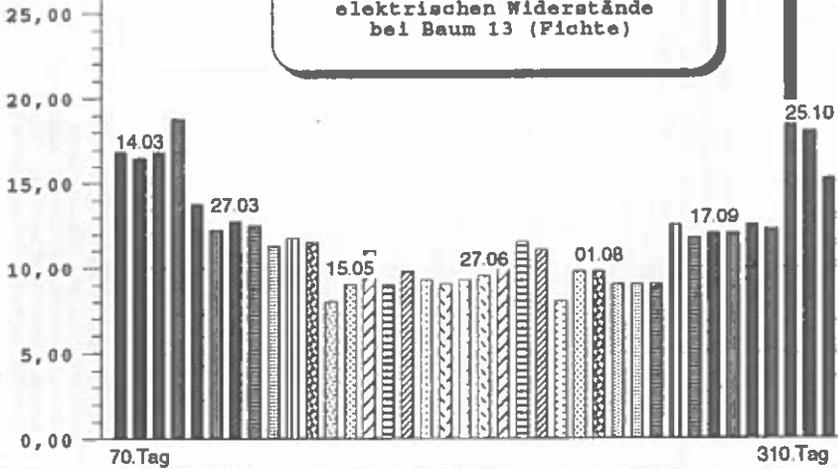
KOhm





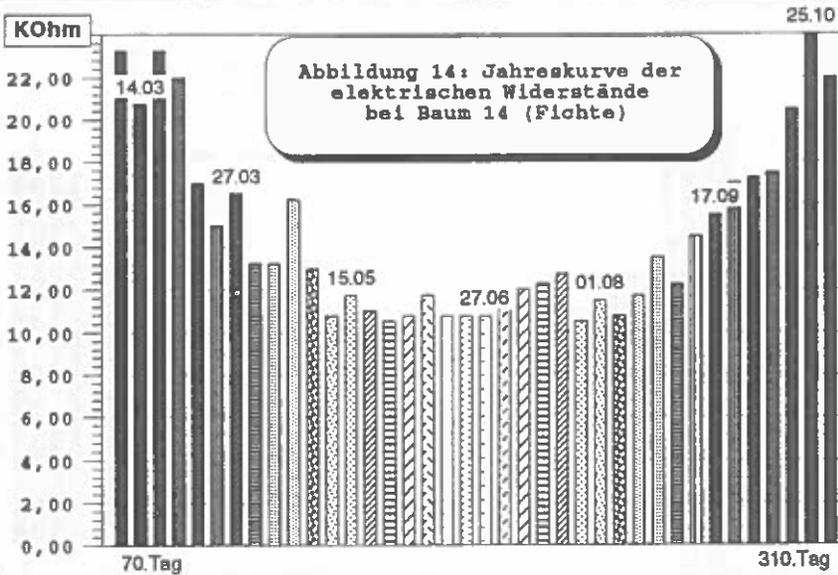
KOhm

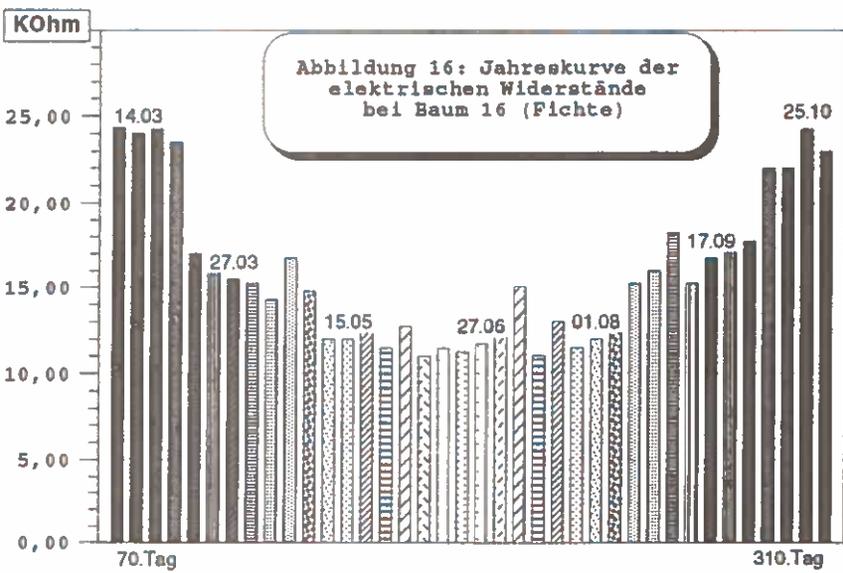
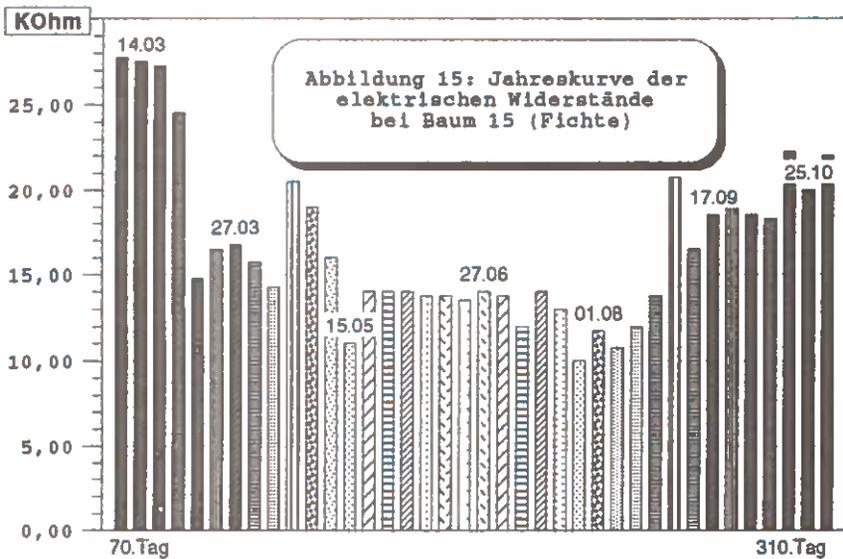
Abbildung 13: Jahreskurve der elektrischen Widerstände bei Baum 13 (Fichte)



KOhm

Abbildung 14: Jahreskurve der elektrischen Widerstände bei Baum 14 (Fichte)





KOhm

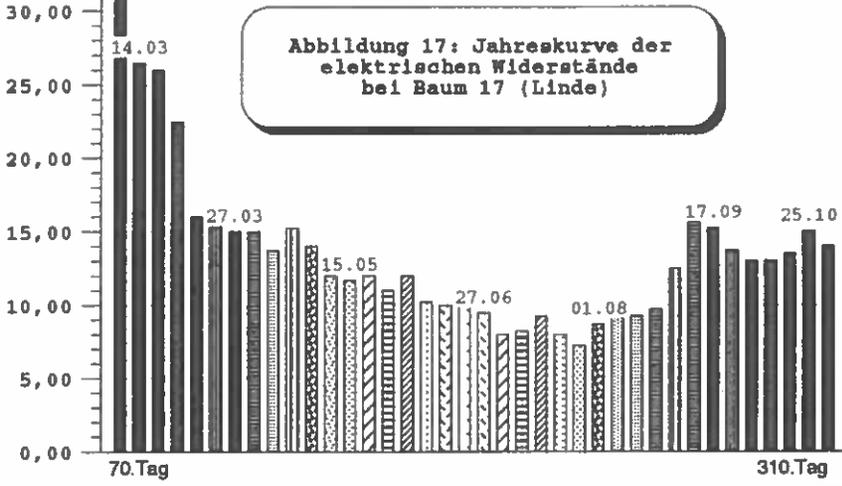


Abbildung 12 : Ausgleichskurve der elektrischen Widerstände der  
Baumart Linde

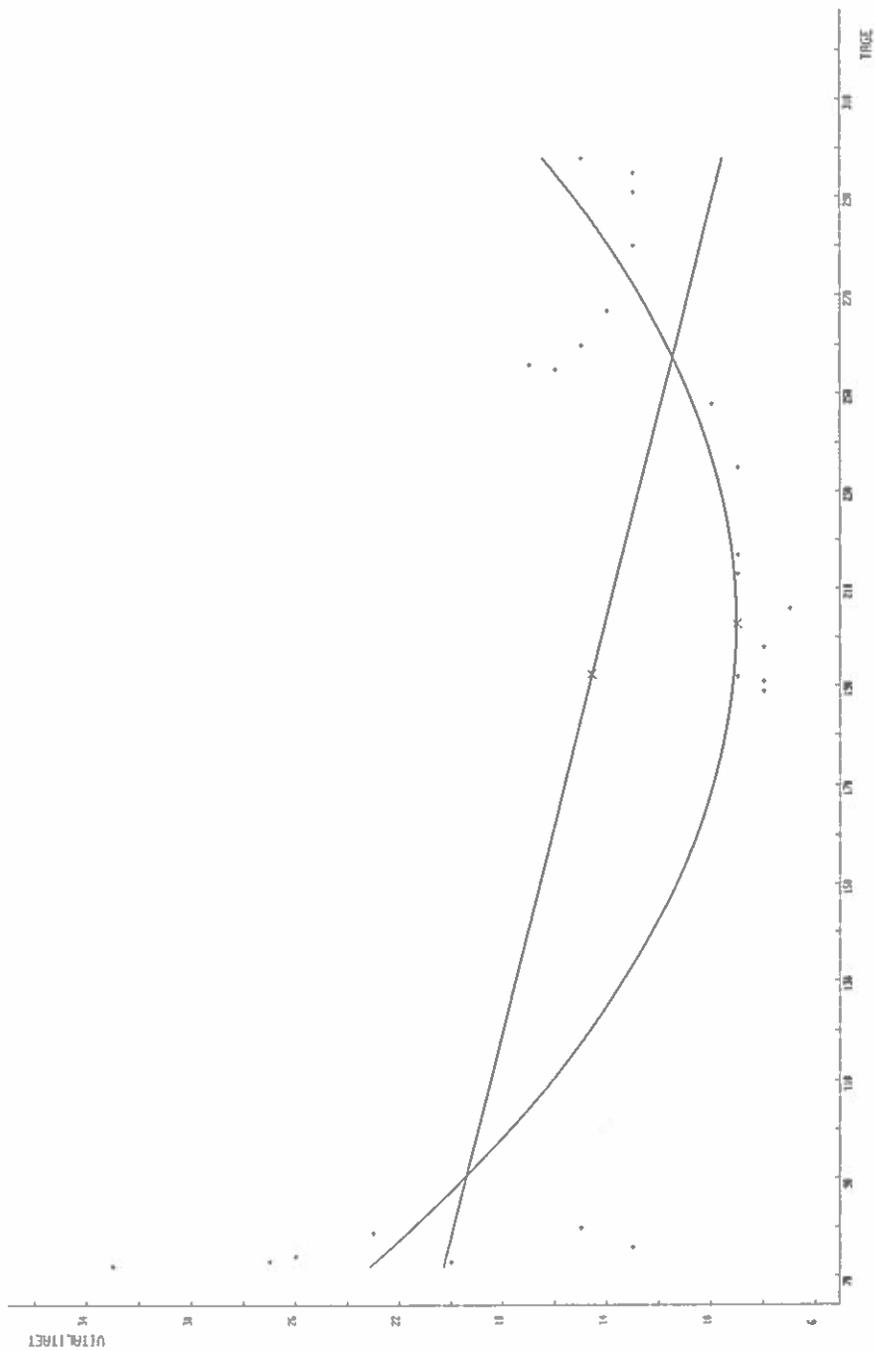


Abbildung 19 : Ausgleichskurve der elektrischen Widerstände der Baumart E i c h e

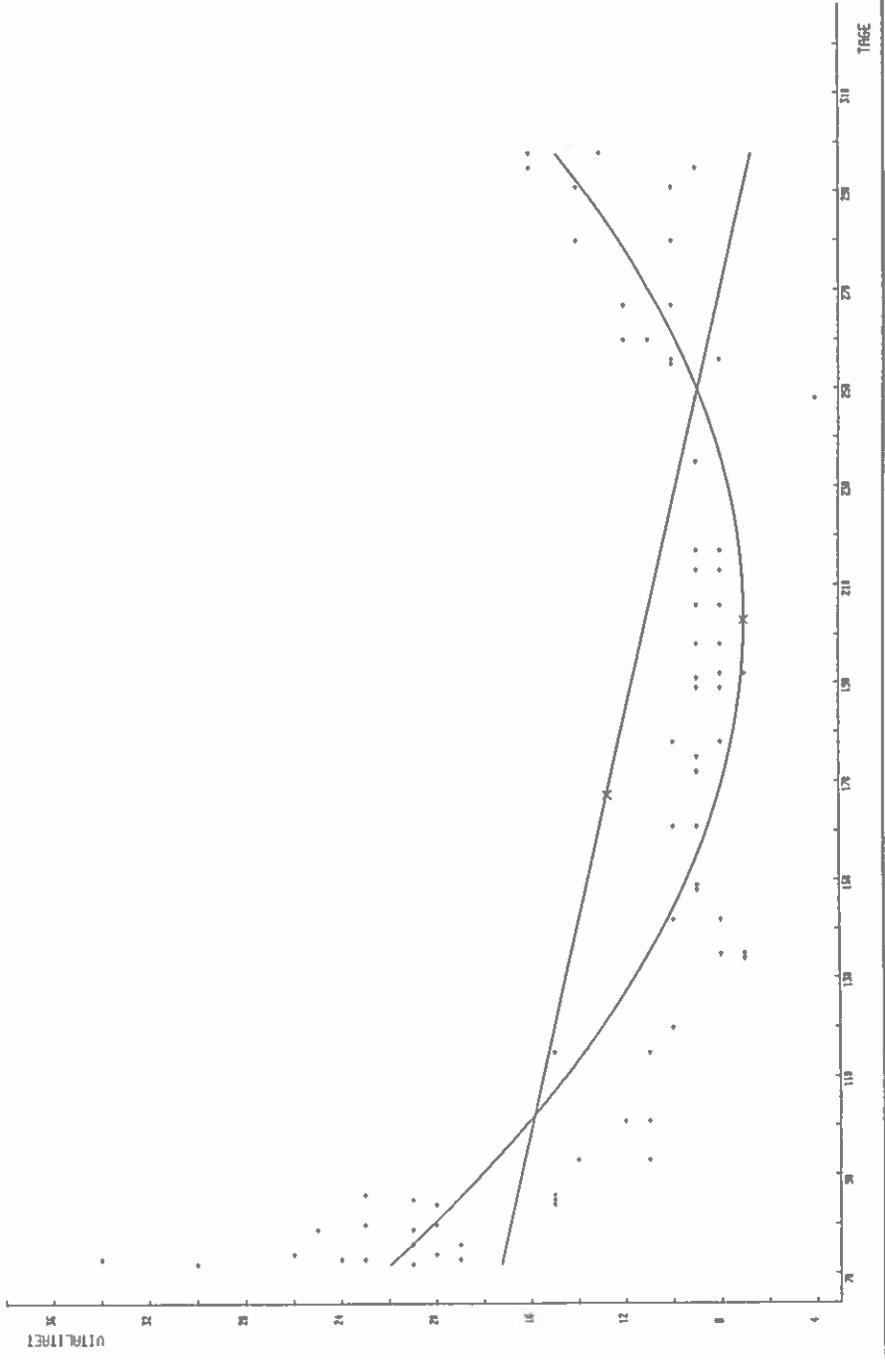


Abbildung 20 : Ausgleichskurve der elektrischen Widerstände der  
Baumart A h o r n

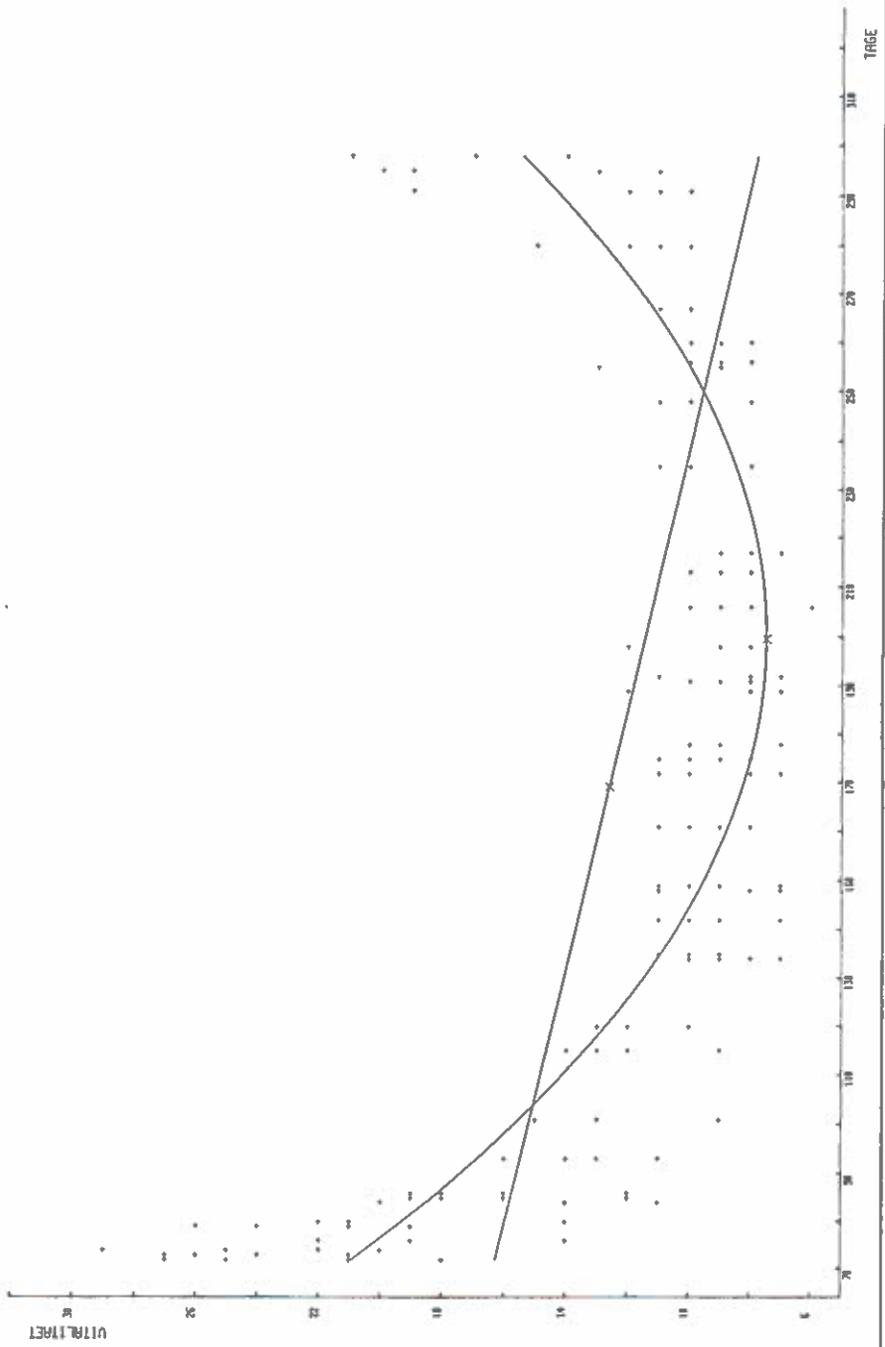


Abbildung 21 : Ausgleichskurve der elektrischen Widerstände der  
Baumart Fichte

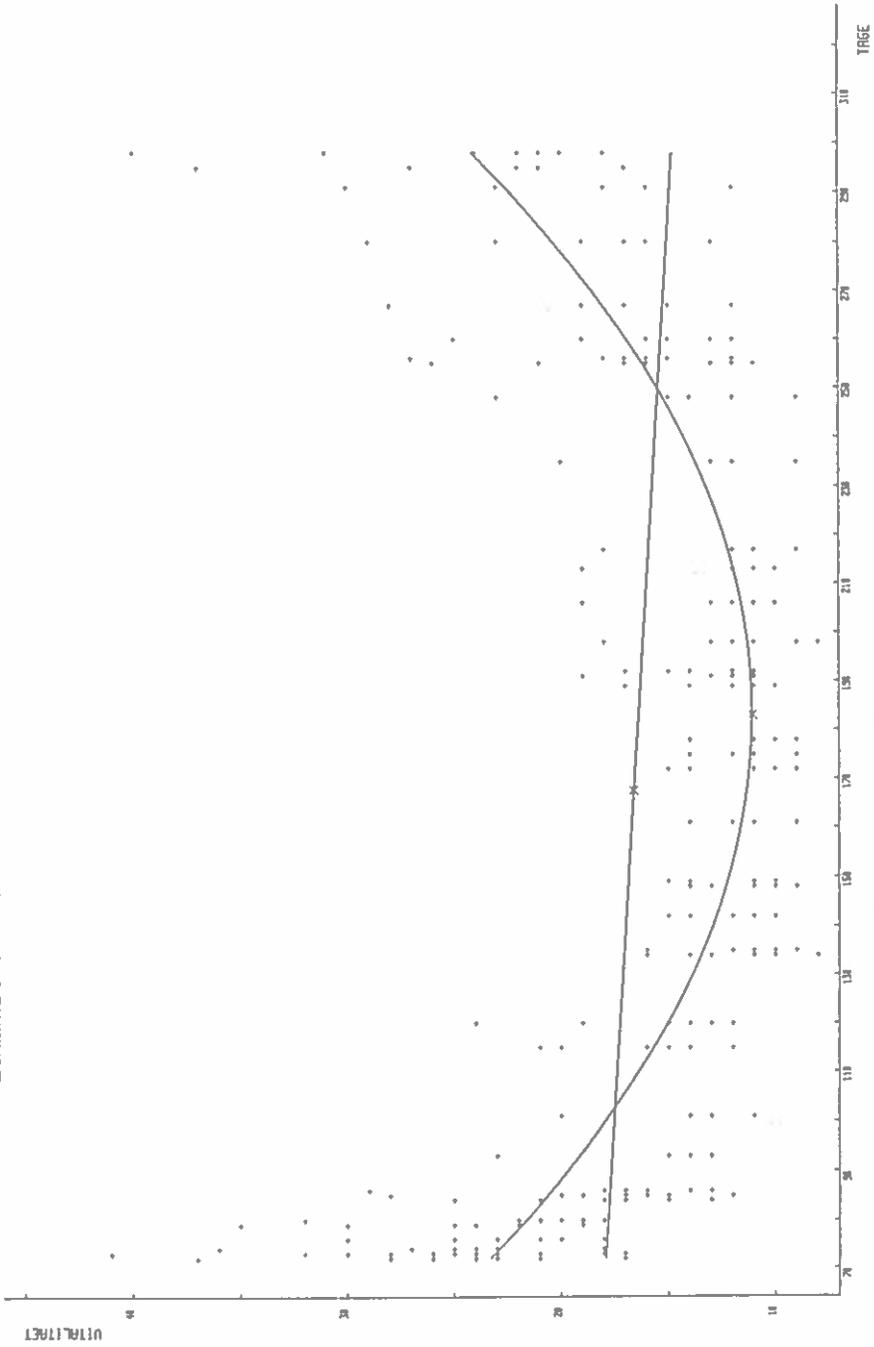


Abbildung 22 : Ausgleichskurve der elektrischen Widerstände der  
Baumart L ä r c h e

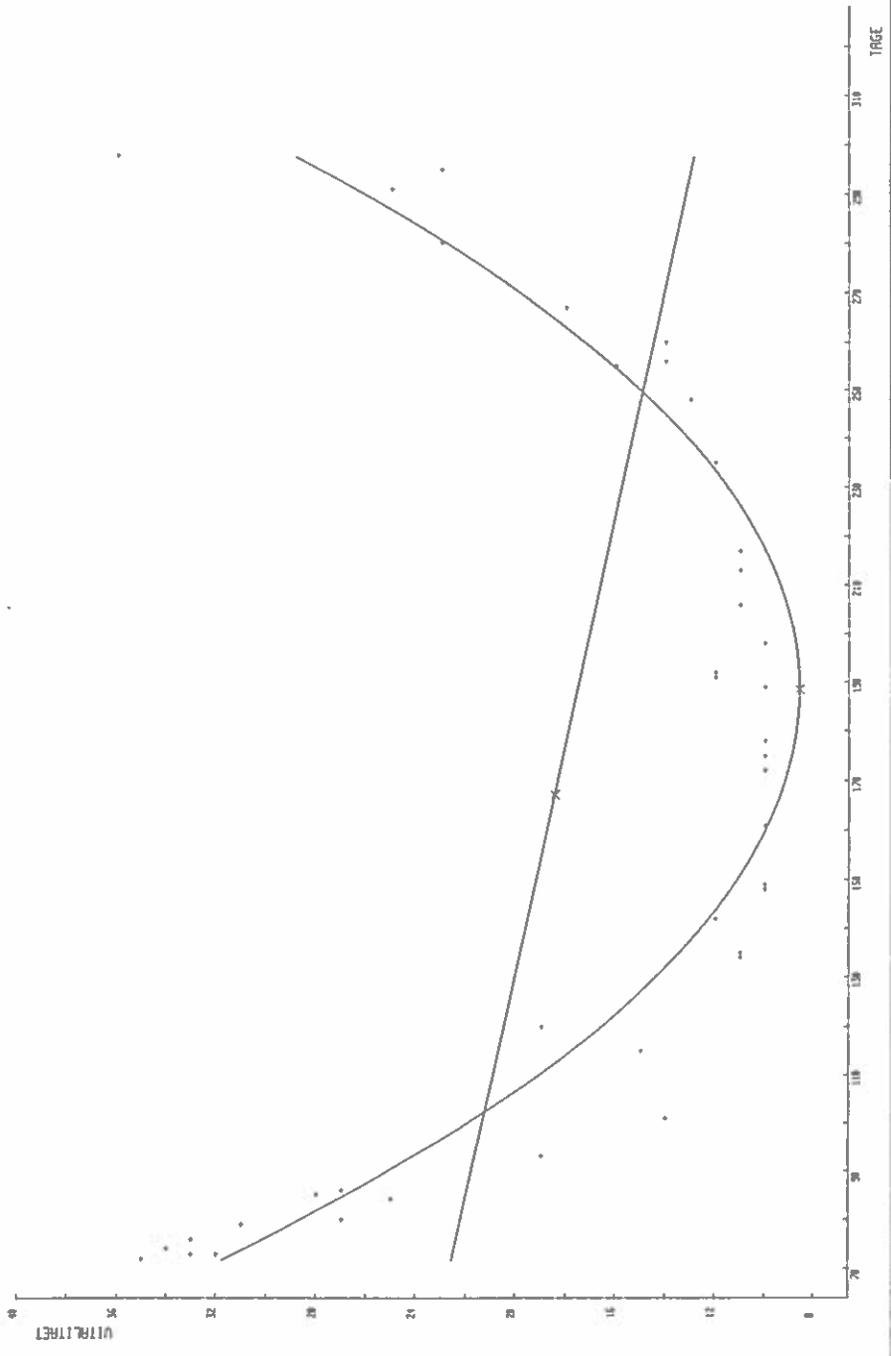
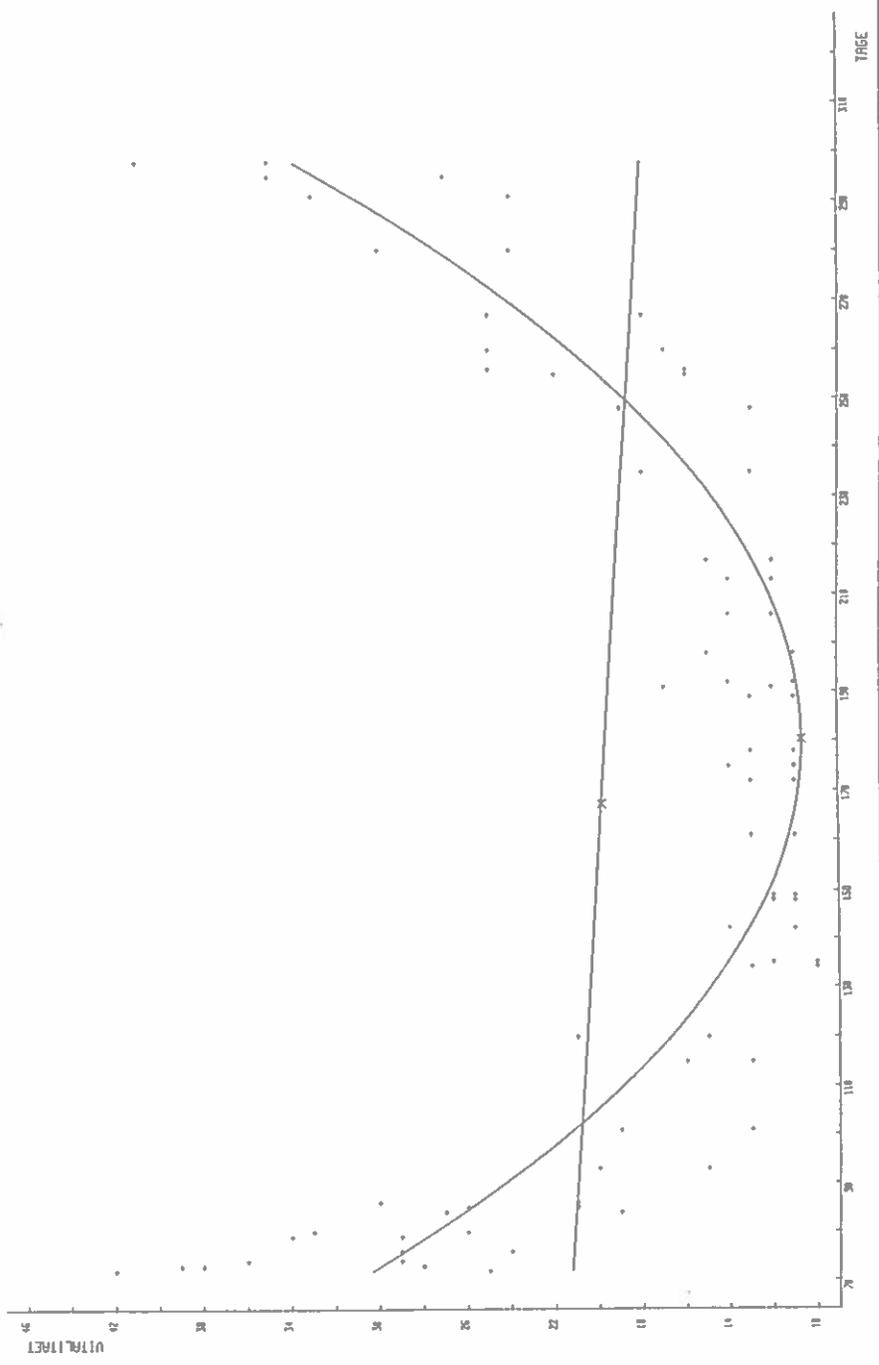


Abbildung 23 : Ausgleichskurve der elektrischen Widerstände der  
Baumart Douglasie





# FORSTPATHOLOGISCHE ERHEBUNGEN IM GEBIET DER GLEIN (V)

## BEOBACHTUNGEN DES VITALITÄTSZUSTANDES VON FICHTEN MITTELS IMPULSSTROMMETHODE IN GEDÜNGTEN UND UNGEDÜNGTEN DAUERBEOBACHTUNGSFLÄCHEN DER GLEINALPE

Christian Tomiczek

### 1 Problemstellung

Der Zusammenhang zwischen dem elektrischen Widerstand bzw. der elektrischen Leitfähigkeit im Splintholz und der Baumvitalität wurde in zahlreichen Publikationen beschrieben (vgl. WARGO, SKUTT, 1975; SHORTLE et al., 1977; NEWSBANKS und TATTAR, 1977; DIXON et al., 1978; DAVIS et al., 1979; UNGER, 1985; BÖTTCHER, 1987; GLENN MACDOUGALL u. THOMPSON, 1987; HÜTTL et al., 1990). Ziel der vorliegenden Studie war es, durch mehrjährige Beobachtung des elektrischen Widerstandes im Splintholz gedüngter und ungedüngter Fichten, Rückschlüsse auf die Entwicklung der Bestandesvitalität ziehen zu können und neben Nadelanalysen, Kronenzustands- und Zuwachsdaten ein weiteres Kriterium für Erfolg oder Mißerfolg der Düngungsversuche zu schaffen.

### 2 Methodik

1986 und 1987 wurden insgesamt 120 Fichten der III, bis VI. Altersklasse in 3 gedüngten und 4 ungedüngten Teilflächen nummeriert und die elektrischen Widerstände mehrmals pro Jahr ermittelt. Die Messungen erfolgten mit dem Conditionometer AS-1 unter Anwendung der Doppelnadelsonde mit teflonbeschichteten Nadeln in 130 cm Baumhöhe 4-mal entsprechend den Himmelsrichtungen (vgl. JOHANN u. TOMICZEK, 1984).

Die Meßwerte (KOhm) je Probestamm wurden auf das 20°C Niveau angeglichen und die Jahresmittelwerte graphisch dargestellt.

Zwei der ungedüngten Vergleichsflächen liegen in unmittelbarer Nähe zu den Düngungsflächen, sodaß durch direkten Vergleich der Meßwerte eine Aussage über den Einfluß des aviotechnischen Düngungsversuches auf den Vitalitätszustand der Probebäume bzw. der Beobachtungsfläche möglich erscheint.

Tabelle 1: Bestandesdaten der Probefläche

Bezeichnung	Standort	Exp.	Akl.	Anzahl der Probebäume	Düngungsvariante
Fläche 1	Hexenkreuzung	S	III	10	ungedüngt
Fläche 2	Wassergraben	NW	II	10	ungedüngt
Fläche 3	Gleinbachgraben	N	V-VI	20	Wuxal 250 l/ha+ Harnstoff 50
Fläche 4	Gleinbachgraben	N	V-VI	20	ungedüngte Vergleichsfläche
Fläche 5	Weißbach	NO	III	20	BASF-Dünger 100 l/ha
Fläche 6	Weißbach	NO	V	20	Fattinger-Dünger 100 l/ha
Fläche 7	Weißbach	NO	V	20	ungedüngte Vergleichsfläche

Neben der Erhebung des BHD wurden die Probebäume nach okularer Kronenansprache in sog. Plus (+) bäume, in Plus/Minus (+/-) bäume und Minus (-) bäume eingeteilt. Die Erhebung der Kronenzustände erfolgte jeweils im Juni des Meßjahres.

Plus (+) baum:	grün, voll benadelt und vital
Plus/Minus (+/-) baum :	gelbgrüne Nadeln, nicht mehr voll benadelt, weniger vital
Minus (-) baum :	orangegelbe Nadelfarbe, deutl. Nadelverlust, nicht vital

### 3 Ergebnisse

Die Tabellen 2 - 9 geben die auf 20°C angeglichenen Jahresmit-

telwerte der Probestämme der einzelnen Dauerbeobachtungsflächen wieder.

Beobachtungsfläche "Hexenkreuzung" (siehe Tabelle 2):

1986 wurden zu Beobachtungsbeginn 5 Minusbäume, 2 Plus/ Minusbäume und 3 Plusbäume mit einem mittleren BHD von 11,35 cm markiert. 1987 war 1 Minusbaum (Baum Nr.10) abgestorben, welcher schon 1986 den höchsten elektrischen Widerstand (20,9 KOhm) aller beobachteten Bäume aufgewiesen hatte. 1989 starb ein weiterer Minusbaum (Nr. 1) ab, der bereits 1987 einen deutlich erhöhten elektrischen Widerstand im Splintholz zu verzeichnen hatte (1987: 20,0 KOhm, 1988: 23,05 KOhm).

Berücksichtigt man die abgestorbenen Probebäume mit einem elektrischen Widerstand von 30,00 KOhm im Jahresmittel (die tatsächlichen Meßwerte liegen zwischen 50 - 180 KOhm), so war von 1986 bis 1989 eine Erhöhung der Jahresmittelwerte aller Probebäume von 14,63 KOhm (1986) auf 18,47 KOhm (1989), also um rund 26 % zu verzeichnen. Der deutliche Anstieg der Meßwerte im Beobachtungszeitraum dokumentiert die Verschlechterung des Vitalitätszustandes innerhalb der Beobachtungsfläche, die auch durch das Absterben zweier markierter Bäume noch unterstrichen wird.

Die Erhöhung der Meßwerte betraf alle Bäume, fiel aber bei der Gruppe der Minusbäume und der Plus/Minusbäume durchschnittlich höher aus, als bei den Plusbäumen. Dies deutet darauf hin, daß vor allem Bäume, welche bereits zu Beginn der Untersuchungen Schadenssymptome aufgewiesen hatten, von der Vitalitätsverschlechterung stärker betroffen waren, als solche ohne Schadenssymptome.

Der Anstieg der Meßwerte bei Baum Nr.3 (1989:19,15 KOhm) und bei Baum Nr.7 (1989:19,10 KOhm) läßt ein baldiges Absterben dieser Bäume erwarten.

Beobachtungsfläche "Wassergraben" (siehe Tabelle 3):

Die Fläche "Wassergraben" liegt in einem der am stärksten ge-

schädigten Revierteile der FVW Hatschek in der Glein. Parallel zur Fläche "Hexenkreuzung" wurden in diesem Revierteil 1986 10 Probebäume (mittlerer BHD= 11,35 cm) numeriert und bis 1986 mehrmals jährlich die elektrischen Widerstände ermittelt.

Am Ende der Beobachtungsperiode 1989 war 1 Probebaum (Nr.5) abgestorben, weitere 3 Probebäume wiesen einen mittleren elektrischen Widerstand von mehr als 20,00 KOhm auf (Baum Nr.1,3,9). Auffallend ist auch hier die Tatsache, daß die Bäume bereits 1986 durchschnittlich höhere Meßwerte aufgewiesen hatten, als die restlichen Bäume in der Fläche.

Der mittlere elektrische Widerstand aller Probebäume der Beobachtungsfläche "Wassergraben" stieg zwischen 1986 und 1989 von 15,56 KOhm auf 19,94 KOhm, also um rund 28 % ähnlich hoch wie in der Fläche "Hexenkreuzung". Die Erhöhung der Meßwerte war auch hier in der Gruppe der Minus- und Plus/Minusbäume deutlicher ausgeprägt, als bei der Gruppe der Plusbäume. Während der mittlere elektrische Widerstand zwischen 1986 und 1988 in der Beobachtungsfläche nur geringfügig schwankte (eine leichte Verbesserung von 1987 auf 1988), kam es 1989 zu der erheblichen Erhöhung der Meßwerte.

#### Düngungsfläche "Wuxal/Harnstoff" (siehe Tabelle 4):

Die Beobachtungsfläche liegt im Bereich einer mit insgesamt 250 Liter Wuxal + 45/50 Liter Harnstoff /Hektar aviotechnisch gedüngten Fläche (vgl.KILIAN, 1989). 1987 wurden in der UAbt 3a im Gleingraben insgesamt 20 Probebäume (mittlerer BHD=27,08 cm) numeriert. Im Beobachtungszeitraum 1987 - 1989 kam es nur zu geringfügigen Schwankungen der Widerstandsmeßwerte (vgl.Tab. 4, Abb.4), wobei 1988 durchschnittlich höhere Werte gemessen wurden als 1987 und 1989. Bis Ende der Beobachtungszeit 1989 war in der gedüngten Beobachtungsfläche kein Baum abgestorben, wengleich Baum Nr. 2 im Jahre 1989 einen mittleren elektrischen Widerstand von 19,50 KOhm aufgewiesen hatte und ein Absterben in den Folgejahren zu erwarten ist.

#### "Ungedüngte Vergleichsfläche" zur Wuxal/Harnstoff-Fäche (siehe Tabelle 5 und 6):

In unmittelbarer Nähe zur Wuxal/Harnstoff-Düngungsfläche wurde 1986 eine ungedüngte Vergleichsfläche eingerichtet und 20 Probestämme (mittlerer BHD = 30,50 cm) nummeriert. Von 1987 auf 1988 kam es zu einem Anstieg des mittleren elektrischen Widerstandes von 11,56 KOhm auf 12,29 KOhm und 1989 zu einem Absinken auf 11,48 KOhm.

Der ähnliche Verlauf der Meßwertkurven innerhalb und außerhalb der Düngungsflächen läßt für den 3-jährigen Beobachtungszeitraum keinen Düngungserfolg erkennen. Vorangegangene Untersuchungen in anderen Düngungsflächen haben gezeigt, daß bei einer positiven Wirkung des Düngers meist noch im selben Jahr ein deutliches Absinken der elektrischen Widerstände im Splintholz zu beobachten ist (vgl. KOBERG u. TOMICZEK, 1988).

#### "Düngungsfläche BASF" (siehe Tabelle 7):

Vor Beginn des aviotechnischen Düngungsversuches (100 Liter BASF-Dünger/Hektar) wurden 20 Probestämme (mittlerer BHD = 21,22 cm) nummeriert. Zwischen 1987 und 1989 wurde ein geringfügiger Anstieg der mittleren elektrischen Widerstände registriert (1987: 11,87 KOhm, 1988: 12,09 KOhm und 1989: 12,86 KOhm). 4 Probestämme (Baum Nr. 3,8,10 und 15) zeigten 1989 niedrigere Meßwerte als 1988.

#### "Düngungsfläche Fattinger" (siehe Tabelle 8):

Ähnlich der BASF Düngungsfläche kam es in der Düngungsfläche Fattinger (100 Liter/Hektar) zwischen 1987 und 1989 zu einem geringfügigen Anstieg der mittleren elektrischen Widerstände der 20 nummerierten Probestämme (mittlerer BHD = 28,83 cm) von 9,70 KOhm im Jahre 1987 auf 9,96 KOhm im Jahre 1988 und auf 10,66 KOhm im Jahre 1989. Zwei Probestämme (Baum Nr. 1,2) wiesen 1989 geringfügig niedrigere Meßwerte, als in den Vergleichsjahren davor, auf.

#### "Ungedüngte Vergleichsfläche" zu den Düngungsflächen BASF und Fattinger (siehe Tabelle 9 und 10):

1987 wurde in unmittelbarer Nähe zu den Düngungsflächen BASF und Fattinger eine Vergleichsfläche eingerichtet und 20 Probe-

Bäume (mittlerer BHD 30,48 cm) numeriert. Die Entwicklung der mittleren elektrischen Widerstände innerhalb der ungedüngten Vergleichsfläche verlief ähnlich jener der gedüngten Flächen. So stieg der Mittelwert der elektrischen Widerstände 1987 von 10,11 KOhm auf 10,70 KOhm im Jahre 1989. 4 Probestämme (Baum Nr. 2,10,15 und 16) zeigten 1989 niedrigere Meßwerte, als die Jahre davor.

#### 4 Besprechung der Ergebnisse

Kronenzustand und elektrischer Widerstand des Splintholzes als "Gradmesser der Baumvitalität" müssen nicht korrelieren. Zahlreiche Untersuchungen in der Vergangenheit haben gezeigt, daß besonders in den schwächeren und mittleren Verlichtungsstufen häufig kein Zusammenhang erkennbar ist. Andererseits gibt die elektrische Widerstandsmessung ein "aktuelles Bild" der Wasser- und Nährstoffversorgung und damit der zum Meßzeitpunkt vorhandenen physiologischen Aktivität wieder. Bereits Monate vor dem Absterben wurden bei den beobachteten Fichten elektrische Widerstände von mehr als 20 KOhm gemessen.

In der Beobachtungsperiode 1986 - 1989 war in den ungedüngten Flächen "Hexenkreuzung" und "Wassergraben" ein deutlicher Anstieg der mittleren elektrischen Widerstände um 26 % bzw. 28 % zu verzeichnen gewesen. Darüberhinaus wurde in beiden Flächen das Absterben von 2 (Hexenkreuzung) bzw. 1 Probestamm (Wassergraben) von insgesamt jeweils 10 nummerierten Bäumen registriert.

In den 5 weiteren Beobachtungsflächen (3 gedüngten und 2 ungedüngten) waren während der Beobachtungszeit 1987 - 1989 nur geringfügige Schwankungen der Widerstandsmeßwerte zu beobachten.

Die Düngungsfläche Wuxal/Harnstoff und die nahegelegene ungedüngte Vergleichsfläche hatten 1989 einen um 0,48 KOhm bzw. 0,81 KOhm kleineren elektrischen Widerstand als 1988. Die Jahresmittelwerte der Düngungsflächen BASF, Fattinger und der

ungedüngten Vergleichsflächen lagen 1989 um weniger als 1,00 KOhm über den Meßwerten von 1987.

Die Entwicklung der elektrischen Widerstände im Untersuchungszeitraum läßt die Interpretation zu, daß es in 2 Flächen zu einer deutlichen Vitalitätsverschlechterung gekommen ist, während der "Gesundheitszustand" der restlichen 5 Flächen praktisch gleichgeblieben ist.

Der Vergleich der Düngungsflächen mit den ungedüngten Vergleichsflächen läßt vermuten, daß der aviotechnische Düngungsversuch bisher zu keiner Vitalitätsverbesserung geführt hat. Die deutlich schlechtere Entwicklung der Beobachtungsflächen "Hexenkreuzung" und "Wassergraben" könnte auch darauf zurückzuführen sein, daß beide Flächen in überdurchschnittlich geschädigten Revierteilen liegen.

## 5 Zusammenfassung

Zwischen 1986 und 1989 wurde im Waldschadensgebiet der "Gleinalpe" (Steiermark) der elektrische Widerstand im Splintholz von 120 Fichten der III. bis VI. Altersklasse in 3 gedüngten und 4 ungedüngten Probeflächen mehrmals pro Jahr mittels Conditiometer AS-1 ermittelt. Der Vergleich der Jahresmittelwerte (1986 - 1989) der elektrischen Widerstände ergab bei 2 ungedüngten Beobachtungsflächen einen deutlichen Anstieg der Meßwerte, während bei den restlichen 5 Flächen (3 gedüngte, 2 ungedüngte) nur geringfügig höhere elektrische Widerstände verzeichnet wurden.

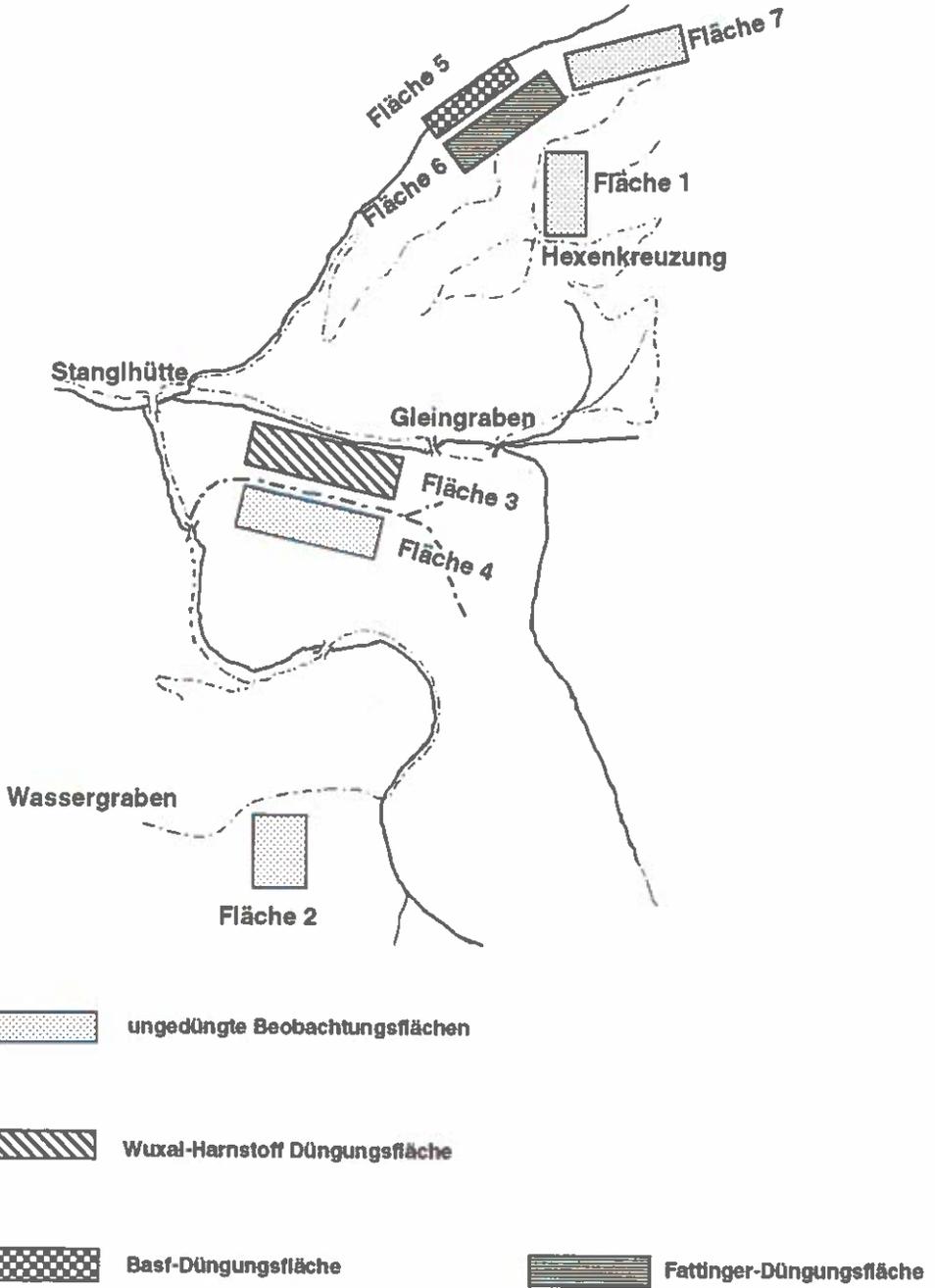
Düngungsflächen und ungedüngte Vergleichsflächen zeigten keine signifikanten Meßwertunterschiede, weshalb davon ausgegangen werden kann, daß die aviotechnische Düngung zu keiner nachhaltigen "Vitalitätsverbesserung" der geschädigten Bestände geführt hat.

## 6 Literaturbezug

- BÖTTCHER, H.D., 1987: Leitfähigkeitsuntersuchungen an unterschiedlich geschädigten Fichten der Arten *Picea abies* (KARST.), sowie *Picea jezoensis* (GARR.) im Hessischen Forstamt Kaufungen.  
Forschungsberichte der Hess.Forstl.Versuchsanstalt Bd.4,79-91
- DAVIS, W., A.SHIGO, R.WEYRICK, 1979 : Seasonal changes in electrical resistance of inner bark in red oak, red maple and eastern white pine.  
For.Science Nr.5, 282-286
- DIXON, M.A., R.G. THOMPSON, D.S.FENSOM, 1978 : Electrical resistance measurements of water potential in avocado and white spruce.  
Can.J.For.Res.Vol.8, 73-80
- GLENN MACDOUGALL, R., R.G. THOMPSON, 1987 : Stem electrical capacitance and resistance measurements as related to foliar biomass of balsam fir trees.  
Can.J.For.Res.Vol.17, 1071-1074
- HÜTTL, R.F., K.ORLOVIUS, B.von SCHENCK, 1990 : Messung elektrischer Widerstände im Kambialbereich gedüngter und ungedüngter Fichten.  
Forstw.Cbl.109, 190-199
- JOHANN, K., CH.TOMICZEK, 1984 : Vitalitätsmessungen an Fichten und Kiefern mittels Digitalströmungsmeßgeräten und Zusammenhänge mit ertragskundlichen Meßgrößen.  
AFZ, Informationsdienst d. Forstl. Bundesversuchsanstalt, 225. Fg., 305-306
- KILIAN, W., 1989 : Diagnostische Düngungsversuche im Gleinalmgebiet.  
Mitt.d.Forstl.Bundesversuchsanstalt Nr.163/II,341-356
- KOBERG, H., CH.TOMICZEK, 1988 : Düngung erhöht Vitalität von Fichten.  
Der Pflanzenarzt Nr.11/12, 41.Jg., 239-241
- NEWSBANKS, D., T.A.TATTAR, 1977 : The relationship between electrical resistance and severity of decline symptoms in *Acer saccharum*.  
Can.J.For.Res.Vol.7, 469-475

- SHORTLE, W.S., A.L.SHIGO, P.BERRY, J.ABUSAMRA, 1977 : Electrical resistance in tree cambium zone: relationship to rates of growth and wound closure.  
Forest Science, Vol.23/3, 326-329
- UNGER, H., 1985 : Die Messung des Wasserzustandes in Jungpflanzen und Bäumen mit Hilfe elektrischer Meßmethoden.  
Schriftenreihe des Waldbauinstituts der Albert-Ludwigs Universität Freiburg, Bd.6, 164 S
- WARGO, M.P., H.R.SKUTT, 1975 : Resistance to pulsed electronic current : an indicator of stress in forest trees.  
Can.J.For.Res.Vol.5, 557-561

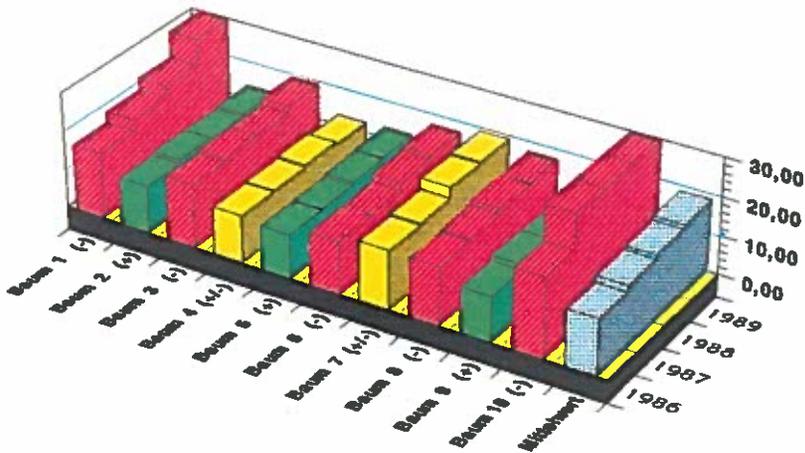
Abbildung 1 : Lageplan der ungedüngten und gedüngten Beobachtungsflächen



**Tabelle 2:**  
**Elektrische Widerstände der**  
**ungedüngten Beobachtungsflä-**  
**che "Hexenkreuzung"**  
**1986-1989**

		1986	1987	1988	1989	BHD (cm)
Baum 1	(-)	16,95	20,99	23,05	30,00	10,00
Baum 2	(+)	12,08	12,87	12,73	13,30	7,50
Baum 3	(-)	16,33	17,20	17,25	19,15	10,00
Baum 4	(+/-)	12,27	12,53	13,15	12,50	14,00
Baum 5	(+)	11,40	11,57	12,28	12,65	13,00
Baum 6	(-)	13,77	14,00	16,16	17,05	9,50
Baum 7	(+/-)	15,43	15,90	18,68	19,10	12,00
Baum 8	(-)	15,25	15,80	17,08	17,25	12,50
Baum 9	(+)	11,88	13,27	12,95	13,70	12,00
Baum 10	(-)	20,00	30,00	30,00	30,00	13,00
Mittelwert		14,63	16,31	17,33	18,47	11,35

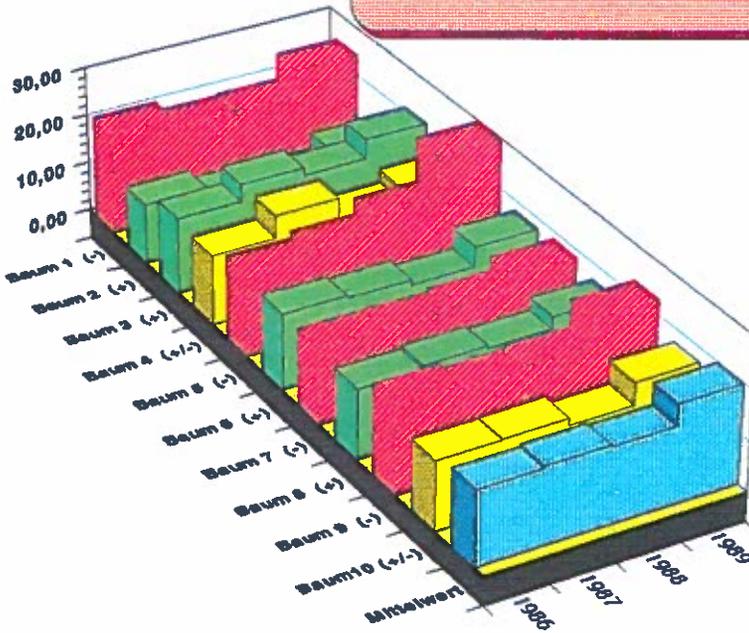
**Abbildung 2:**  
**Elektrische Widerstände (Kohm)**  
**der ungedüngten**  
**Beobachtungsfläche "Hexenkreuzung"**  
**1986-1989**



**Tabelle 3:**  
Elektrische Widerstände der  
ungedüngten Beobachtungsfläche  
"Wassergraben"  
1986-1989

	1986	1987	1988	1989	BHD(cm)
Baum 1 (-)	20,51	18,53	18,90	24,30	10,00
Baum 2 (+)	12,10	10,43	9,90	13,10	7,50
Baum 3 (+)	15,50	19,03	17,40	21,30	10,00
Baum 4 (+/-)	14,40	18,83	14,90	17,50	14,00
Baum 5 (-)	16,91	18,33	21,50	30,00	13,00
Baum 6 (+)	15,36	14,93	13,90	18,00	9,50
Baum 7 (-)	15,14	15,17	15,80	18,50	12,00
Baum 8 (+)	13,90	14,60	14,15	16,60	12,50
Baum 9 (-)	17,67	16,87	17,40	22,90	12,00
Baum 10 (+/-)	14,00	14,17	12,75	17,15	13,00
Mittelwert	15,56	16,09	15,66	19,94	11,35

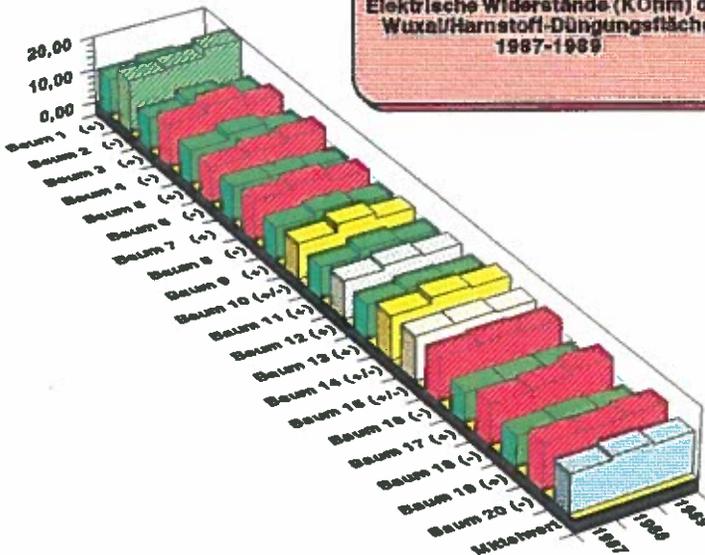
**Abbildung 3:**  
Elektrische Widerstände in (KOhm)  
der ungedüngten Beobachtungsfläche  
"Wassergraben" 1986-1989



**Tabelle 4:**  
Elektrische Widerstände der  
Wuxal/Harnstoff-  
Düngungsfläche 1987-1989

	1987	1988	1989	BHD(cm)
Baum 1 (+)	11,20	12,30	11,50	30,00
Baum 2 (-)	16,06	16,90	19,50	26,00
Baum 3 (+)	9,79	12,07	10,15	28,50
Baum 4 (-)	13,28	15,87	19,05	25,00
Baum 5 (+)	10,57	12,37	10,35	28,00
Baum 6 (-)	10,96	12,13	13,50	32,00
Baum 7 (+)	10,41	10,33	9,80	26,00
Baum 8 (-)	11,61	13,03	11,30	24,50
Baum 9 (+)	9,48	10,80	9,60	28,00
Baum 10 (+/-)	10,57	12,63	11,10	26,00
Baum 11 (+)	9,40	11,07	10,20	26,50
Baum 12 (+)	11,05	12,13	11,75	28,00
Baum 13 (+)	10,05	11,30	10,90	28,00
Baum 14 (+/-)	12,77	14,50	13,95	26,00
Baum 15 (+/-)	12,93	13,10	12,70	27,50
Baum 16 (-)	12,80	13,53	13,20	28,00
Baum 17 (+)	8,97	8,87	9,10	29,00
Baum 18 (-)	11,95	12,80	14,25	24,50
Baum 19 (+)	9,06	9,73	9,00	25,00
Baum 20 (-)	13,29	13,93	13,95	25,00
Mittelwert	11,31	12,42	11,94	27,08

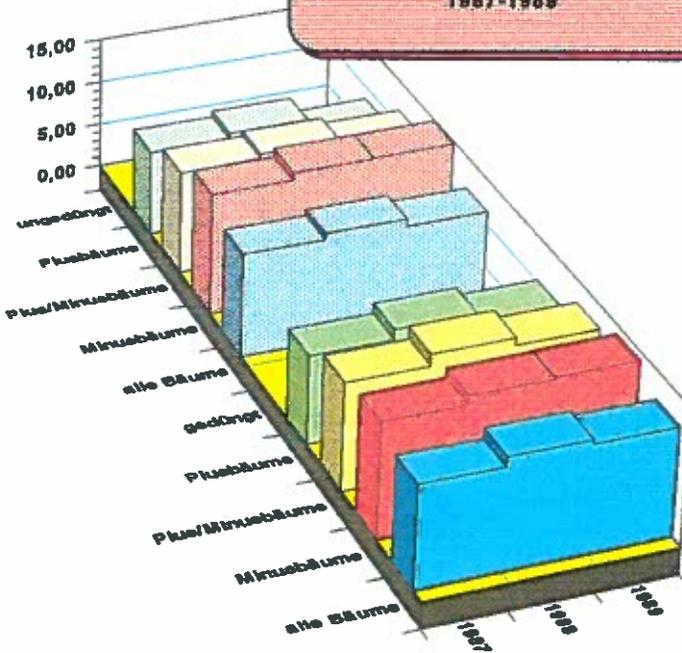
**Abbildung 4 :**  
Elektrische Widerstände (KOhm) der  
Wuxal/Harnstoff-Düngungsfläche  
1987-1989



**Abbildung 5:**  
Mittelwerte der elektrischen Widerstände der "ungedüngten Vergleichsfläche" und der "Wuxal/Harnstoff-Düngungsfläche" 1987-1989

Mittelwerte	1987	1988	1989	BHD (cm)
ungedüngt				
Plusbäume	9,53	10,21	8,59	32,94
Plus/Minusbäume	11,70	12,23	11,60	29,67
Minusbäume	13,79	14,66	14,68	28,06
alle Bäume	11,56	12,29	11,48	30,50
gedüngt				
Plusbäume	10,00	11,10	10,24	27,70
Plus/Minusbäume	12,09	13,41	12,58	26,50
Minusbäume	12,85	13,90	14,09	26,43
alle Bäume	11,31	12,42	11,94	27,08

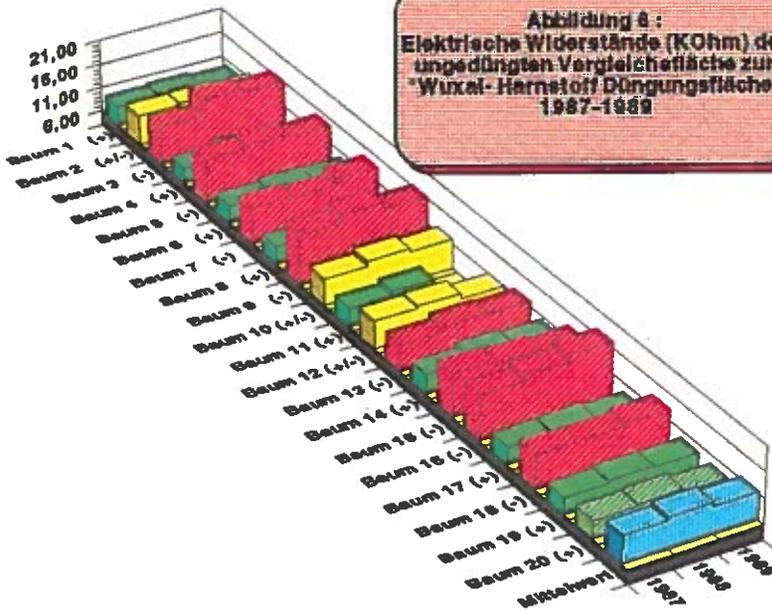
**Abbildung 5:**  
Mittelwerte der elektrischen Widerstände (KOhm) der "ungedüngten Vergleichsfläche" und der "Wuxal/Harnstoff-Düngungsfläche" 1987-1989



**Tabelle 6:**  
Elektrische Widerstände  
der ungedüngten  
Vergleichsfläche zur  
"Wuxal-Harnstoff  
Düngungsfläche"  
1987-1989

	1987	1988	1989	BHD (cm)
Baum 1 (+)	10,00	10,30	9,75	37,00
Baum 2 (+/-)	12,01	12,23	11,90	32,00
Baum 3 (-)	13,49	16,80	16,26	32,00
Baum 4 (+)	9,02	10,03	9,45	33,50
Baum 5 (-)	14,69	15,27	14,75	30,00
Baum 6 (+)	9,50	10,20	9,75	28,00
Baum 7 (-)	13,15	12,47	14,10	24,50
Baum 8 (+)	9,46	10,53	10,35	31,00
Baum 9 (-)	16,00	17,70	16,30	25,00
Baum 10 (+/-)	11,50	12,50	11,95	27,00
Baum 11 (+)	9,76	10,70	9,75	30,00
Baum 12 (+/-)	11,59	11,97	10,95	30,00
Baum 13 (-)	11,22	12,37	12,10	33,00
Baum 14 (+)	9,82	10,77	10,20	38,00
Baum 15 (-)	14,42	13,87	13,46	25,00
Baum 16 (-)	14,78	15,87	17,25	24,00
Baum 17 (+)	9,42	9,70	9,20	35,00
Baum 18 (-)	12,57	12,00	13,20	31,00
Baum 19 (+)	9,20	9,73	9,45	33,00
Baum 20 (+)	9,59	9,97	9,20	31,00
Mittelwert	11,56	12,29	11,48	30,50

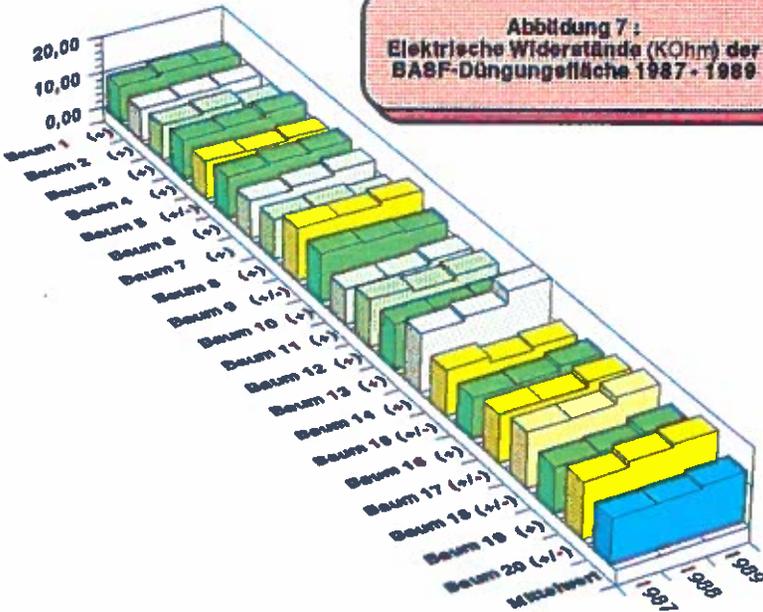
**Abbildung 8:**  
Elektrische Widerstände (KOhm) der  
ungedüngten Vergleichsfläche zur  
"Wuxal-Harnstoff  
Düngungsfläche"  
1987-1989



**Tabelle 7:**  
Elektrische Widerstände  
der BASF-Düngungsfläche  
1987-1989

	1987	1988	1989	BHD (cm)
Baum 1 (+)	10,00	10,95	10,60	30,00
Baum 2 (+)	9,00	9,40	9,75	27,00
Baum 3 (+)	9,85	10,55	9,40	24,50
Baum 4 (+)	10,95	11,40	12,50	23,50
Baum 5 (+/-)	10,45	10,20	10,85	23,50
Baum 6 (+)	11,65	12,30	12,70	19,50
Baum 7 (+)	10,60	11,45	12,35	21,00
Baum 8 (+)	10,95	11,40	10,80	20,00
Baum 9 (+/-)	14,45	14,45	15,40	21,00
Baum 10 (+)	19,15	12,90	12,50	22,00
Baum 11 (+)	9,50	9,55	10,60	23,50
Baum 12 (+)	12,45	11,55	12,45	18,50
Baum 13 (+)	12,00	11,95	12,25	21,00
Baum 14 (+)	15,50	16,45	20,00	19,00
Baum 15 (+/-)	12,15	10,55	11,30	17,50
Baum 16 (+)	11,05	11,15	12,35	23,00
Baum 17 (+/-)	12,85	12,95	14,30	16,50
Baum 18 (+/-)	14,45	14,55	16,60	18,50
Baum 19 (+)	11,75	12,05	13,65	17,00
Baum 20 (+/-)	14,55	16,05	16,90	18,00
Mittelwert	11,87	12,09	12,86	21,23

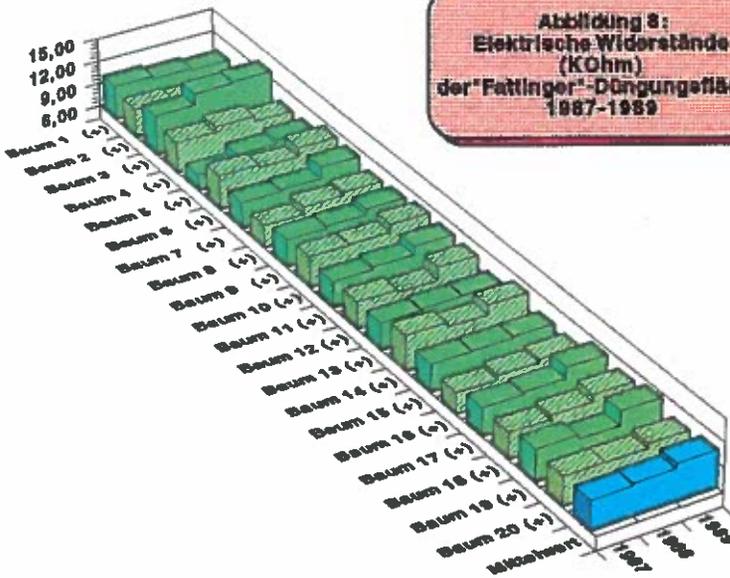
**Abbildung 7:**  
Elektrische Widerstände (KOhm) der  
BASF-Düngungsfläche 1987-1989



**Tabelle 8:**  
Elektrische Widerstände  
der "Fattinger"  
Düngungsfläche  
1987-1989

	1987	1988	1989	BHD (cm)
Baum 1 (+)	10,50	10,15	9,90	20,00
Baum 2 (+)	9,75	9,50	9,50	27,00
Baum 3 (+)	11,25	12,80	13,00	26,00
Baum 4 (+)	10,10	10,80	10,10	34,00
Baum 5 (+)	8,15	9,50	10,00	33,00
Baum 6 (+)	10,50	10,15	11,40	27,50
Baum 7 (+)	9,40	9,65	11,20	25,60
Baum 8 (+)	8,90	9,85	10,30	22,00
Baum 9 (+)	9,65	9,90	10,60	24,00
Baum 10 (+)	10,00	10,10	11,10	21,50
Baum 11 (+)	9,40	9,75	10,90	25,50
Baum 12 (+)	9,40	9,05	10,70	28,00
Baum 13 (+)	9,40	9,65	9,75	31,00
Baum 14 (+)	10,50	10,00	11,15	24,00
Baum 15 (+)	9,65	9,75	9,90	29,00
Baum 16 (+)	8,80	9,35	9,75	31,50
Baum 17 (+)	9,65	10,00	11,40	33,00
Baum 18 (+)	9,30	9,85	10,80	31,00
Baum 19 (+)	10,10	9,65	11,50	46,00
Baum 20 (+)	9,65	9,65	10,20	36,00
Mittelwert	9,70	9,96	10,66	28,83

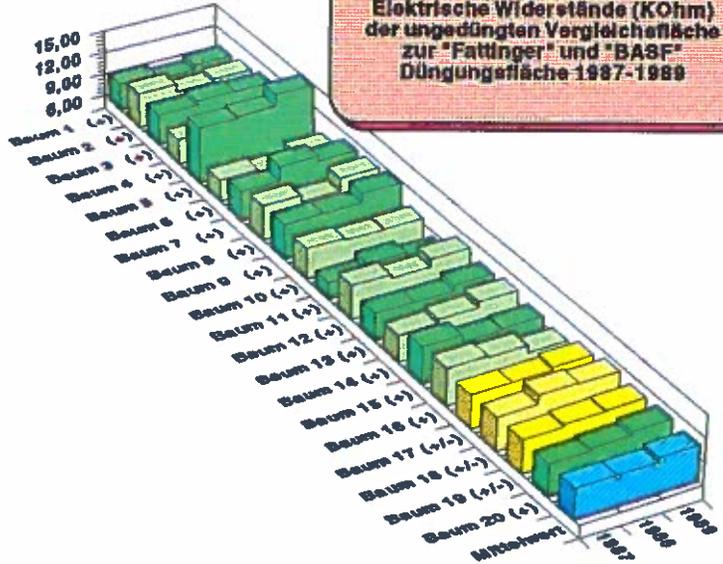
**Abbildung 8:**  
Elektrische Widerstände  
(KOhm)  
der "Fattinger"-Düngungsfläche  
1987-1989



**Tabelle 9:**  
Elektrische Widerstände der ungedüngten Vergleichsfläche zur Düngungsfläche "Fattlinger" und "BASF" 1987-1989

	1987	1988	1989	BHD (cm)
Baum 1 (+)	9,50	8,85	9,55	34,00
Baum 2 (+)	10,55	9,45	9,95	34,00
Baum 3 (+)	10,05	10,65	10,55	35,00
Baum 4 (+)	9,10	8,55	9,95	29,50
Baum 5 (+)	13,20	13,40	16,90	23,50
Baum 6 (+)	8,85	8,60	9,45	32,00
Baum 7 (+)	9,80	11,70	11,05	32,00
Baum 8 (+)	10,45	9,60	11,30	29,00
Baum 9 (+)	10,65	10,60	11,90	25,50
Baum 10 (+)	10,00	9,70	9,75	30,00
Baum 11 (+)	8,15	9,20	8,40	41,00
Baum 12 (+)	10,45	9,95	10,95	27,50
Baum 13 (+)	9,50	9,45	10,20	28,00
Baum 14 (+)	9,35	9,95	10,70	32,00
Baum 15 (+)	10,70	9,70	10,00	33,00
Baum 16 (+)	10,80	10,50	9,65	29,00
Baum 17 (+/-)	10,25	10,20	10,55	33,00
Baum 18 (+/-)	10,35	11,45	11,30	26,50
Baum 19 (+/-)	10,35	10,70	10,85	28,00
Baum 20 (+)	10,20	10,50	11,05	27,00
Mittelwert	10,11	10,14	10,70	30,48

**Abbildung 9:**  
Elektrische Widerstände (KOHm) der ungedüngten Vergleichsfläche zur "Fattlinger" und "BASF" Düngungsfläche 1987-1989



**Tabelle 10:**  
Mittelwerte der elektrischen  
Widerstände der BASF- und  
Fattinger- Düngungsfläche  
im Vergleich zur  
ungedüngten Vergleichsfläche  
1987-1989

Düngungen: BASF	1987	1988	1989	BHD (cm)
Plusbäume	11,31	11,65	12,28	22,11
Plus/Minusbäume	13,15	13,13	14,23	19,17
Minusbäume	-	-	-	-
alle Bäume	11,87	12,09	12,86	21,23
Düngungen: Vg.L.				
Plusbäume	10,03	10,02	10,56	30,71
Plus-Minusbäume	10,32	10,78	10,90	29,17
Minusbäume	-	-	-	-
alle Bäume	10,11	10,14	10,70	30,49
Düngungen: Fett.				
Plusbäume	9,70	9,96	10,56	28,83
Plus/Minusbäume	-	-	-	-
Minusbäume	-	-	-	-
alle Bäume	9,70	9,96	10,56	28,83

**Abbildung 10:**  
Mittelwerte der elektrischen  
Widerstände (Kohm) der BASF- und  
FATTINGER- Düngungsfläche im  
Vergleich zur ungedüngten Fläche  
1987-1989

