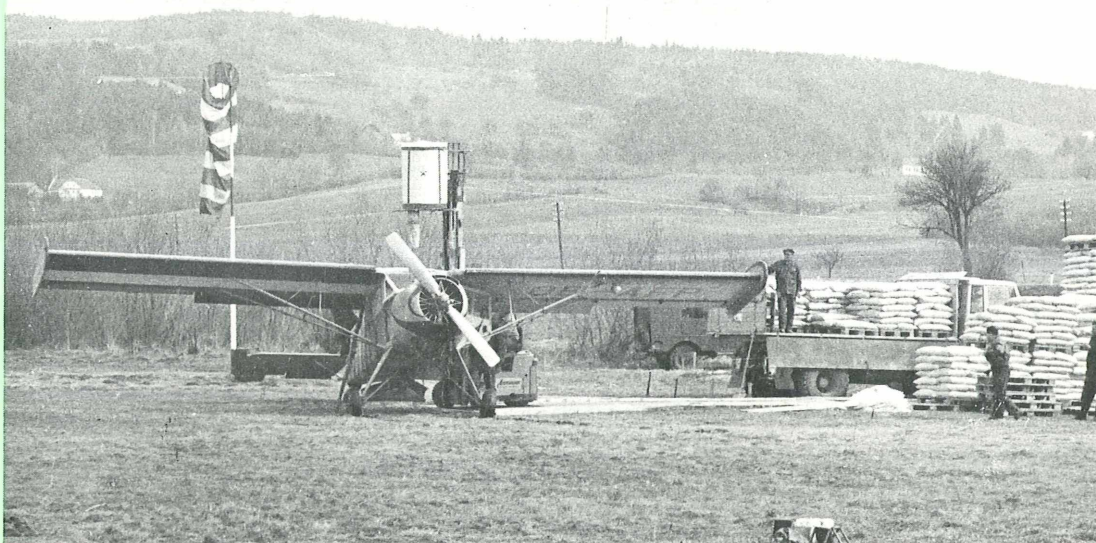


MITTEILUNGEN
DER FORSTLICHEN BUNDES-VERSUCHSANSTALT
WIEN

Großdüngungsversuch Pinkafeld



Ertragskundliche Ergebnisse

von Klaus JOHANN

Nadelanalytische Ergebnisse

von Klaus STEFAN

FORSTLICHE BUNDESVERSUCHSANSTALT
A - 1131 WIEN
(Tel. 82 36 38)

WISSENSCHAFTLICHER DIREKTOR: DIPL.-ING. HANS EGGER
VERWALTUNGSDIREKTOR: DIPL.-ING. FRIEDRICH RUHM

Institut für Waldbau

Leiter: Dipl.-Ing. Dr. Günther ECKHART

Waldbaugrundlagen; Samenkunde und Forstpflanzennachzucht; Waldaufbau und
Waldpflege; Prüfstelle für Waldsamen

Institut für Forstpflanzenzüchtung und Genetik

Leiter: Dipl.-Ing. Leopold GÜNZL

Grundlagen der Züchtung; Angewandte Züchtung; Biologische Holzforschung;

Institut für Standort

Leiter: Dipl.-Ing. Dr. Helmut JELEM

Klimatologie; Bodenkunde und Forstdüngung; Forstliche Vegetationskunde;
Standortskartierung

Institut für Forstschutz

Leiter: Doz. Dipl.-Ing. Dr. Edwin DONAUBAUER

Entomologie; Phytopathologie; Allgemeiner Forstschutz; Forstchemie und
Rauchschäden; Prüfstelle für forstliche Pflanzenschutzmittel

Institut für Ertrag und Betriebswirtschaft

Leiter: Doz. Dipl.-Ing. Dr. Josef POLLANSCHÜTZ

Forstliche Meßkunde; Produktions- und Ertragsforschung; Forsteinrichtung;
Betriebswirtschaft

Institut für Forsttechnik

Leiter: Dipl.-Ing. Rudolf MEYR

Arbeitstechnik und Arbeitsorganisation; Bringung; Arbeitshygiene und Arbeits-
physiologie; Prüfstelle für Werkzeuge, Geräte und Maschinen

Institut für Forstinventur

Leiter: Dipl.-Ing. Herbert MILDNER

Organisation; Methodik, Auswertung; Holzvorratsbilanz; Inventurinterpretation

Institut für Forschungsgrundlagen

Leiter: Dipl.-Ing. Otmar BEIN

Biometrie; Rechenzentrum; Photogrammetrie; Dokumentation und Publikation;
Forstgeschichte

Institut für Wildbach- und Lawinenverbauung

Leiter: Dipl.-Ing. Dr. Gottfried KRONFELLNER-KRAUS

Geomorphologie und Abtragsforschung; Hydrologie und Gewässerkunde; Schnee
und Lawinen; Verbauungstechnik

Außenstelle für Subalpine Waldforschung in Innsbruck

Leiter: Prof. Dr. Walter TRANQUILLINI

Forstpflanzenphysiologie; Bodenbiologie; Forstpflanzenökologie; Grünverbauung
Klimahaus am Patscherkofel Bodenkundliches Labor in Imst

**MITTEILUNGEN
DER FORSTLICHEN BUNDESVERSUCHSANSTALT
WIEN**

(früher „Mitteilungen aus dem forstlichen Versuchswesen Österreichs“)

136. Heft

1981

GROSSDÜNGUNGSVERSUCH PINKAFELD

ODC 237.4 (436.1)

Fertilization Trial on a Large Scale at Pinkafeld

Essai de Fertilisation à Grande Échelle à Pinkafeld

ERTRAGSKUNDLICHE ERGEBNISSE

von
Klaus JOHANN

NADELANALYTISCHE ERGEBNISSE

von
Klaus STEFAN

**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 0717-x

Herstellung und Druck
Forstliche Bundesversuchsanstalt
A - 1131 Wien

INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
<i>Vorwort</i>	5
 E R T R A G S K U N D L I C H E E R G E B N I S S E	
1. VERSUCHSFRAGESTELLUNG	9
2. VERSUCHSOBJEKT UND DURCHFÜHRUNG DER AKTION.....	13
2.1. Auswahl des Untersuchungsgebietes.....	13
2.2. Standortsverhältnisse.....	14
2.3. Düngungsplan.....	17
2.4. Technik der Ausbringung.....	21
2.4.1. Düngungsaktion.....	21
2.4.2. Erfahrungswerte.....	22
3. ERTRAGSKUNDLICHE AUFNAHMEN	24
3.1. Probekreise.....	24
3.2. Umfang der Datenerhebung.....	25
3.3. Behandlung der Probeflächen nach der Erstaufnahme.....	25
4. ERTRAGSKUNDLICHE AUSWERTUNG	26
4.1. Datenkontrolle.....	26
4.2. Datenaufbereitung.....	27
4.2.1. Durchmesserhöhenkurven.....	27
4.2.2. Ertragskundliche Flächenkennwerte und Leistungs- tabellen.....	35
5. ZUWACHSVERGLEICH.....	36
5.1. Düngungsform.....	36
5.2. Düngungsklasse.....	38
5.3. Die Heterogenität der Proben nach der Hauptbaumart, Düngungsform und Bestandeskennwerten.....	46

Seite

5.4.	Der Einfluß der Ausgangssituation auf den Volumen- zuwachs.....	50
6.	ZUR RENTABILITÄT DER DÜNGUNGSMASSNAHME.....	66
6.1.	Kosten.....	66
6.2.	Erntekostenfreie Erlöse.....	68
6.3.	Kalkulationen zur Rentabilität.....	68
7.	ZUSAMMENFASSUNG.....	71
8.	LITERATUR.....	72

N A D E L A N A L Y T I S C H E E R G E B N I S S E

1.	EINLEITUNG.....	77
2.	MATERIAL UND METHODE.....	78
2.1.	Untersuchungsgebiet und Versuchsanlage.....	78
2.2.	Nadelprobengewinnung und Analysenverfahren.....	78
2.3.	Anmerkungen zur Auswertung und Definitionen.....	79
3.	ERGEBNISSE UND BESPRECHUNG.....	81
3.1.	Untersuchung 1969.....	81
3.2.	Nadelnährstoffgehalte nach der Düngung (1970) in den Jahren 1970 bis 1974.....	85
3.2.1.	Fichte.....	93
3.2.2.	Kiefer.....	109
3.3	Beurteilung der Nährstoffversorgung nach der Düngung...	117
4.	ZUSAMMENFASSUNG.....	117
5.	LITERATUR.....	118
	ANHANG.....	120

V O R W O R T

"Lohnt sich Walddüngung überhaupt?" wird auch heute noch mancher Forstmann fragen, der Publikationen mit Ergebnissen von Düngungsversuchen zur Hand nimmt. In dieser Frage scheint ein gewisses Mißtrauen mitzuschwingen. Mißtrauen gegenüber verallgemeinernden Schlagworten einerseits. Mißtrauen aber auch gegenüber Ergebnissen, die auf "kleinstem Raum" (Parzellen), in wenigen, ausgesuchten Beständen gewonnen wurden. Können diese Ergebnisse auf Forstbetriebe oder Betriebsklassen übertragen werden? Wo findet man vergleichbar einheitliche Bestandes- und Standortsverhältnisse wieder, wie sie auf Versuchsflächen die Regel sind? Wer kann es sich leisten, Düngemittel so gleichmäßig und so genau bemessen auszubringen, wie das auf Versuchsflächen nötig, möglich und üblich ist? Kann man also den Versuchsergebnissen trauen?

Diese und ähnliche Fragen veranlaßten die Forstliche Bundesversuchsanstalt dazu, 1969 einen "Großversuch" unter Praxisbedingungen anzulegen und damit auf berechnete Fragen der forstlichen Praxis durch geeignete Versuchsanstellung Antwort zu geben. In Zusammenarbeit der Institute für Ertrag und Betriebswirtschaft, Forstschutz und Standort wurden die notwendigen Voruntersuchungen, Planungen sowie umfangreiche Erhebungen, Messungen, Probenahmen und Auswertungen durchgeführt. Ein erheblicher Einsatz an Personal, Zeit und Geldmitteln waren für die Forstliche Bundesversuchsanstalt mit diesem Großprojekt verbunden.

Für den wissenschaftlichen Direktor dieser Anstalt ist es daher verständlicherweise eine ehrliche Freude und angenehme Verpflichtung, der forstlichen Öffentlichkeit erste Ergebnisse in einem eigenen Mitteilungsband vorlegen zu können. Er verbindet damit den Dank an seine Mitarbeiter, die jeder an seinem Platz dazu beigetragen haben, das umfangreiche Datenmaterial zusammenzutragen, auszuwerten und zu deuten. Wesentliche Voraussetzung für die Inangriffnahme und Verwirklichung dieses Projektes waren die Initiative und Erfahrung von Dr. J. P o l l a n s c h ü t z. Die tatkräftige Unterstützung und Mitwirkung der Österreichischen Düngungsberatungsstelle sowie der Österreichischen Bundesforste sollen hier ebenfalls gebührend hervorgehoben und dankend erwähnt werden.

Die jetzt vorliegenden ersten Ergebnisse des Großdüngungsversuches stellen ein vorbildliches Beispiel für die Zusammenarbeit zwischen den Mitarbeitern zweier Institute an einem gemeinsamen Projekt dar. Es war die Absicht der Autoren, die wichtigsten, auch für den Praktiker interessantesten Ergebnisse und Folgerungen herauszuarbeiten und darüberhinaus zu dokumentieren, wie diese Ergebnisse gewonnen wurden. So ist es zu verstehen, daß in einer Fülle von Tabellen und Abbildungen das grundlegende Datenmaterial wiedergegeben wird, um den Auswertungsgang durchsichtig und damit nachvollziehbar zu machen. Wer die Gültigkeit der Ergebnisse von Düngungsversuchen anzweifelt, sollte sich die Zeit nehmen, auch dieses Zahlenmaterial zu studieren. Mit den hier veröffentlichten Ergebnissen soll niemand "überredet" werden, vielmehr sollen sie zu eigenen Überlegungen und Schlußfolgerungen anregen. In diesem Sinne sei den beiden Autoren für ihre Mühe gedankt und ihrer Arbeit der Wunsch mit auf den Weg gegeben, daß sie von denjenigen gelesen werden möge, die Entscheidungen über Investitionen in den Wald zu treffen haben.

J. Egger

Wissenschaftlicher Direktor
der Forstlichen Bundesversuchsanstalt

Wien, im Dezember 1980

**GROSSDÜNGUNGSVERSUCH PINKAFELD
ERTRAGSKUNDLICHE ERGEBNISSE**

von Klaus JOHANN

1. VERSUCHSFRAGESTELLUNG

Als in den Jahren 1968/69 der Großdüngungsversuch Pinkafeld vorbereitet und im Frühjahr 1970 die Düngungsaktion durchgeführt wurde, waren die Ergebnisse zahlreicher ausländischer, aber auch seit 1962 angelegter österreichischer Exakt-Düngungsversuche bekannt. Wenn POLLANSCHÜTZ (1969) nach 5-jähriger Beobachtungszeit aus den Ergebnissen von seinerzeit 6 Dauerversuchen folgern konnte:

"daß selbst durch eine nur einmalige gezielte bzw. harmonische Düngung mittelalter und angehend haubarer Bestände.... zweifelsohne eine entscheidende Erhöhung der Holzproduktion innerhalb der betreffenden Betriebsklasse und damit eine Steigerung des Ertrages des Forstbetriebes erzielt werden kann",

so wird deutlich, daß bereits zu diesem Zeitpunkt eigentlich kein Zweifel an der Zuwachserhöhenden Wirkung richtig gewählten und in geeigneten Beständen bzw. Betriebsklassen ausgebrachten Mineraldüngers bestehen konnte. Wenn trotzdem ein Großdüngungsversuch gestartet wurde, so waren dafür im wesentlichen 3 Gründe maßgebend:

Gerade die positiven Ergebnisse wissenschaftlich geführter Exaktversuche ließen es wünschenswert erscheinen, vergleichbare Mehrzuwächse, wie sie in den Versuchen gefunden wurden, auch in ganzen Forstbetrieben (Betriebsklassen) zu realisieren und damit deren Flächenproduktivität entscheidend zu erhöhen.

Gewisse Zweifel hinsichtlich der Übertragbarkeit von Versuchsergebnissen, die in sorgfältig ausgewählten Beständen und bei exakt auf Kleinstparzellen ausgebrachten Düngemittelmengen gewonnen worden waren, hatten und haben sicherlich ihre Berechtigung. Keinesfalls konnten Erfahrungen in der Großflächendüngung aus Skandinavien oder den USA direkt übernommen werden. Zu unterschiedlich sind Landschafts- und Besitzstruktur, zu vielfältig die Standorts- und Bestandesgliederung Österreichs, um andernorts erprobte Verfahren generalisierend übertragen zu können. Erfahrungsberichte über ähnliche Versuche in Bayern wurden erst später publiziert (z.B. ZIMMERMANN, 1970; BIERSTEDT, 1974).

Die Ausbringungstechnik bei größeren Düngemittelmengen im hügeligen Gelände mußte auf jeden Fall vor einer allgemein ausgesprochenen Empfehlung auf ihre Effizienz und Wirtschaftlichkeit im Großversuch getestet werden. Da es sich hierbei um die Düngung ganzer Betriebsklassen handeln sollte, wurde von vornherein nur die Ausbringung der Düngemittel durch Flugzeuge in Betracht gezogen, um alle Altersklassen, also insbesondere auch Stangenholzbestände, gleichmäßig erfassen zu können.

Es war somit - wie auch immer das endgültige Versuchsergebnis aussehen mag - ein richtungsweisender Schritt, den die Österreichischen Bundesforste, die Österreichische Düngeberatungsstelle und die Forstliche Bundesversuchsanstalt gemeinsam zur Klärung der aufgezeigten Fragenkomplexe in den Jahren 1969/70 unternahmen. Der hier vorliegende erste Bericht über bisherige Auswertungsergebnisse ist - insbesondere im ertragskundlichen Teil - unbedingt als vorläufig zu betrachten, da die Ergebnisse der bereits erfolgten zweiten Revisionsaufnahme (1979) noch nicht berücksichtigt werden konnten. Umso größere Bedeutung kommt den in großem Umfang durchgeführten Nadelanalysen zu, über die STEFAN (1981) im einzelnen berichtet wird.

Dem Verfasser der vorliegenden Untersuchung, der in der zweiten Hälfte 1969 seinen Dienst im Institut für Ertrag und Betriebswirtschaft antrat, als die Vorbereitungen zum Versuch Pinkafeld bereits im Gange waren, ist es eine selbstverständliche und angenehme Verpflichtung, darauf hinzuweisen, daß wesentliche Anregungen zur Anlage dieses Großversuches vom Leiter dieses Institutes, Dr. Josef P o l l a n s c h ü t z, kamen und daß besonders Planung und Durchführung zum großen Teil in seinen Händen lagen. Dank seiner Kenntnis der forstlichen Verhältnisse in Österreich gelang es ihm nicht nur, ein geeignetes Versuchsareal auszuwählen, sondern auch die Aktivitäten der beteiligten Institutionen so zu koordinieren, daß Planung und Durchführung innerhalb eines Jahres abgewickelt werden konnten. Darüber hinaus erarbeitete er den Versuchsplan und war maßgeblich am Gelingen des ausbringungstechnischen Teiles der Aktion beteiligt. Für wertvolle Anregungen und fachkundige Beratung bei der Versuchsführung und -auswertung sei ihm an dieser Stelle in angemessener Weise gedankt.

GROSSDÜNGUNGSVERSUCH PINKAFELD

Situationsplan und Anfahrtsskizze

Maßstab 1 50 000

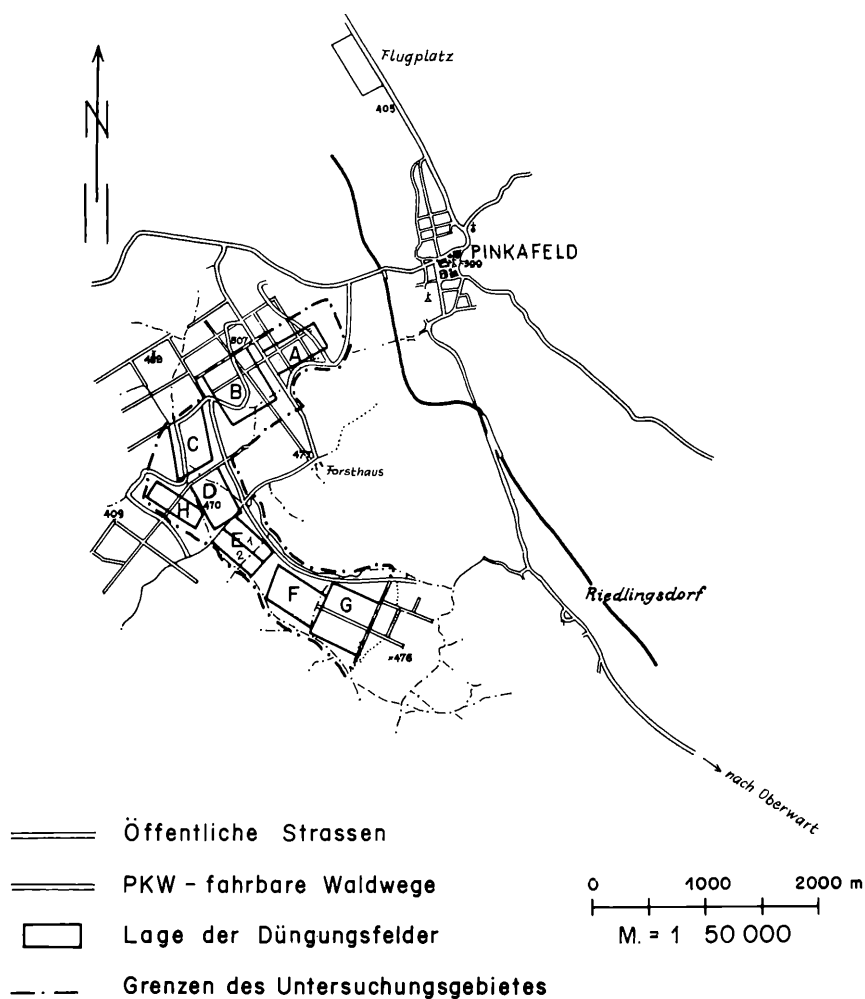


Abbildung 1a: Situationsplan und Anfahrtsskizze zum Großdüngungsversuch Pinkafeld. Verkleinert aus Maßstab 1 50 000.

Lageplan des Versuchsgebietes PINKAFELD

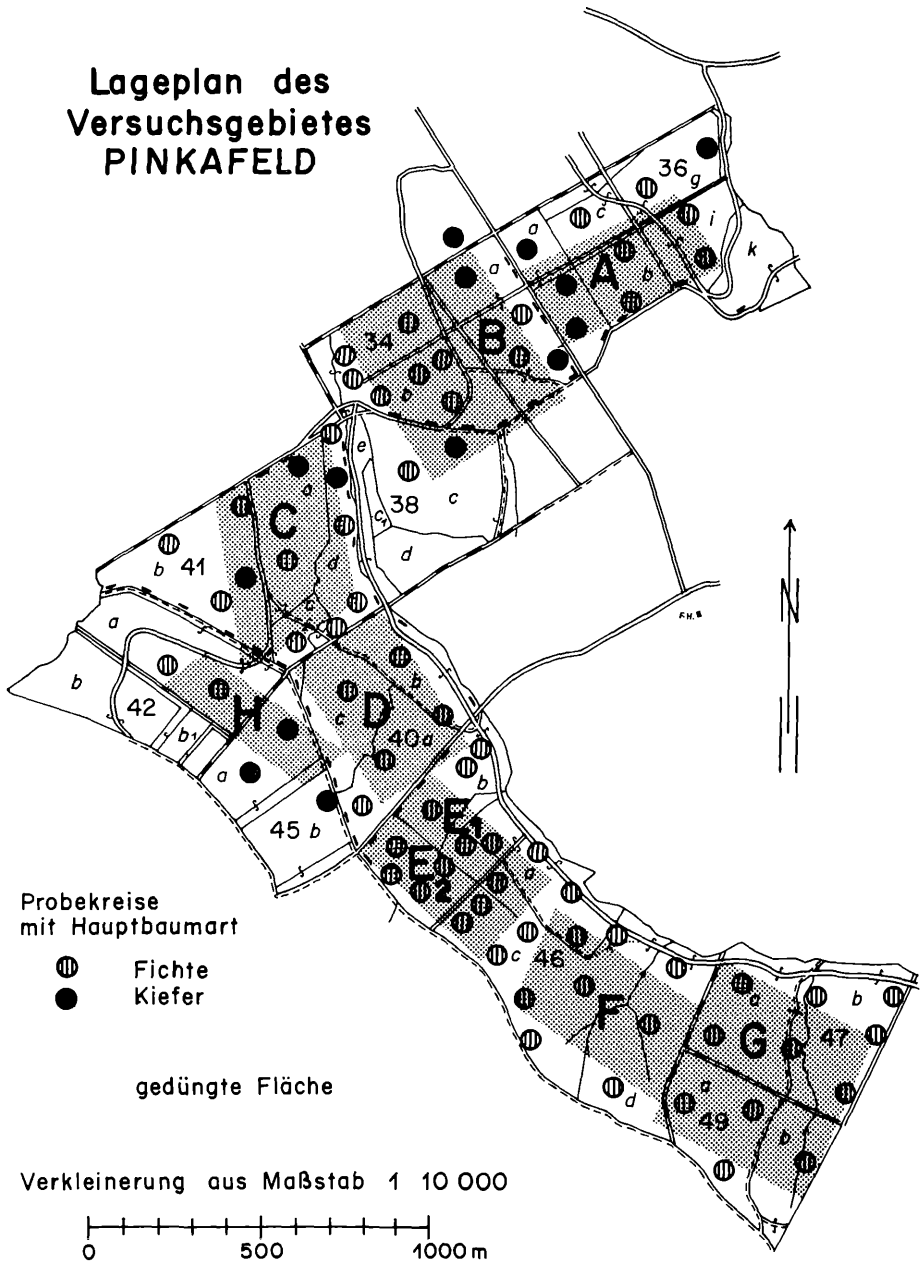


Abbildung 1b: Lageplan der Probeflächen und Düngungsfelder. Feld E₁ wurde mit Harnstoff, alle übrigen mit NPK-Spezialmischung gedüngt.

2. VERSUCHSOBJEKT UND DURCHFÜHRUNG DER DÜNGUNGSAKTION

2.1. AUSWAHL DES UNTERSUCHUNGSGEBIETES

Als Versuchsobjekt wurde ein zusammenhängendes, etwa 200 ha großes Gebiet im Försterdienstbezirk (FDB) Pinkafeld des Forstwirtschaftsbezirkes Oberwart/Burgenland der Österreichischen Bundesforste (ÖBF) ausgewählt (Abb. 1a). Maßgebend für diese Wahl waren im wesentlichen folgende Gesichtspunkte:

Ertragskundlich-betriebswirtschaftlich:

Das Areal umfasste zum Zeitpunkt der Versuchsanlage ca. 100 ha Stangenholzbestände, ca. 10 ha Kulturen und Dickungen sowie ca. 90 ha Baumholzbestände. Das Überwiegen mittelalter und annähernd hiebsreifer Bestände war wünschenswert, um den zu erwartenden Mehrzuwachs relativ bald realisieren zu können.

Ausbringungstechnisch:

Für einen ersten Großversuch mit Düngung vom Flugzeug aus sollten durch die Wahl eines eher hügeligen Geländes und durch relativ kurze Distanz zwischen Startplatz und Einsatzgebiet möglichst einfache Bedingungen geschaffen werden. Beide Forderungen wurden im FDB Pinkafeld realisiert. Bei einer mittleren Distanz vom Sportflugplatz Pinkafeld zum Düngungsgebiet von ca. 4 km (2,5 - 6 km) waren mittlere Höhendifferenzen von 50 bis 100 m zu überwinden (Flugplatz: 405 m NN, höchster Punkt im Revier 509 m).

Walderährungskundlich:

Aufgrund standortkundlicher und nadelanalytischer Voruntersuchungen konnte eine erhebliche Spreitung der "Düngungsbedürftigkeit" angenommen werden. In bezug auf die Nährstoffversorgung als sehr unterschiedlich anzusprechende Bestandespartien sollten g l e i c h m ä ß i g behandelt werden, um Informationen für die Beurteilung der Düngebedürftigkeit von Kiefern- und Fichtenbeständen des Ostens und Südostens von Österreich zu erhalten. Speziell bezogen auf das Nähr-element Stickstoff waren etwa 25% des Areals als "düngungsnotwendig",

ca. 50% als "absolut düngungswürdig", der Rest als "beschränkt düngungswürdig" klassifiziert worden.

Waldbaulich:

Das Überwiegen von sekundären Fichten- und Kiefernbeständen auf ursprünglich Laubhölzern vorbehaltenen Standorten kann für das südliche Burgenland und Teile der angrenzenden Steiermark als typisch angesehen werden. Durch Beweidung, Streunutzung und einseitige Bewirtschaftung sind Laubbaumarten weitgehend verdrängt, der natürliche Nährstoffumlauf ist dadurch mehr oder weniger unterbrochen. Die Frage, inwieweit eine einmalige mineralische Düngung diese ungünstigen Wirkungen zu kompensieren vermag bzw. dazu beitragen kann, den Nährstoffumlauf zu reaktivieren, ist eine weitere - und nicht die geringste - Versuchsfragestellung.

2.2. STANDORTSVERHÄLTNISSE

Die folgende Beschreibung der Standortsverhältnisse im Untersuchungsgebiet wurde der gutachtlichen Stellungnahme des Institutes für Standort entnommen, die zur Vorbereitung des Düngungsprojektes 1969/70 erstellt worden ist. Für die freundliche Überlassung sei Dr. W. K i l i a n an dieser Stelle geziemend gedankt. Es sei hier auch darauf verwiesen, daß eine detaillierte standortskundliche Auswertung des Großversuches Pinkafeld geplant ist. Für die Erstellung des Gutachtens war es eine wesentliche Hilfe, daß im Jahre 1968 eine Standortskartierung des Revieres von den ÖBF durchgeführt worden war, aus welcher Teile der Gliederung, Beschreibung und Flächenverteilung der Standorte entnommen werden konnten.

Das Revier Pinkafeld liegt im tertiären Hügelland des südlichen Burgenlandes, im Wuchsraum 2o (Südöstliches Hügel- und Terrassenland), Herkunftsgebiet 6 (Südlichstes Burgenland und Oststeirisches Hügelland), welches dem subillyrischen Klimaraum angehört.

Die Temperaturen entsprechen dem warmen pannonischen Klima, die Nieder-

schläge dagegen subatlantischen Gebieten. Dazu kommt höhere Luftfeuchtigkeit und Gewitterhäufigkeit.

Mittlere Niederschlagsmengen (mm) und mittlere Temperaturen ($^{\circ}\text{C}$) für den Zeitraum 1901 bzw. 1926 bis 1950 für die Meßstellen

Monat:	Güssing (225 m NN)		Fürstenfeld (276 m NN)		Pinkafeld (400 m NN)	
	Temp.	Niederschl.	Temp.	Niederschl.	Temp.	Niederschl.
I	-2,4	30	-2,3	31		28
II	-0,3	35	-0,6	31		30
III	4,8	51	4,1	39		35
IV	10,0	56	9,0	54		53
V	14,6	80	14,2	81		78
VI	18,3	90	17,4	101		104
VII	19,9	111	19,1	113		119
VIII	19,1	94	18,2	100		98
IX	15,5	83	14,2	81		72
X	9,7	53	9,2	67		61
XI	5,0	66	3,9	56		51
XII	-0,2	42	-0,2	49		43
I-XII	9,5	791	8,9	803		772

Als Substrat wechseln tertiäre Lockersedimente mit Schotterdecken (Fußflächenschotter), welche zum größten Teil von pleistozänem Staublehm überdeckt sind.

Für die einzelnen Standorte wurden jeweils Bodenprofile untersucht, um eine differenzierte Beurteilung der in Frage kommenden Düngungsflächen zu ermöglichen. Es wurden im wesentlichen folgende Standorte unterschieden:

TANNEN - TRAUBENEICHEN - (BUCHEN) - WALD auf frischem, schwerem Staublehm (extremer Pseudogley)

sowie

EDELLAUBBAUMREICHER TANNENWALD auf sehr frischem, schwerem Staublehm.

Diese Einheiten umfassen ca. 120 ha des Untersuchungsgebietes. Der Humushorizont ist mit den Hauptnährstoffen im allgemeinen gut versorgt, lediglich Kali zeigt fallweise niedrigere Werte. Jedoch haben die Humushorizonte insgesamt nur eine Mächtigkeit von 2-3 cm, der Gesamtvorrat an Nährstoffen bezogen auf die Fläche ist daher gering. Die Bodenreaktion liegt im sauren bis stark sauren Bereich, auch bei guten Humus-Zustandsformen (Oxalis-Typ). Der Mineralboden ist eher nährstoffarm. Lediglich Magnesium und besonders in größerer Tiefe auch Kali sind reichlich vorhanden. Der Gehalt an Calcium ist besonders gering.

Der tiefgründige Boden ist außerordentlich bindig, untätig, undurchlässig und sehr wasserstauend und bietet nur einen seichten Wurzelraum. Zugeführte Düngernährstoffe werden stärker festgelegt und können vor allem nicht in die Tiefe eindringen und kaum durch Auswaschung verloren gehen. Erfahrungen aus Landwirtschaft und Obstbau zeigen, daß diese Böden durchaus düngungswürdig und -bedürftig sind, vorausgesetzt, daß die Düngemittel tief eingearbeitet werden, eine Möglichkeit, die im Wald nicht besteht. Düngernährstoffe werden daher vorerst in dem geringmächtigen Humushorizont umgesetzt und ausgenützt.

Bei gegebenen klimatischen und bodenphysikalischen Verhältnissen sind die Standorte auf Staublehm optimumnahe und ermöglichen sehr gute Wachstumsleistungen.

Betriebswirtschaftlich ist die Frage zu prüfen, inwieweit mit einer entsprechenden Verzinsung von Düngungskosten auf diesem leistungsfähigen Standort gerechnet werden kann. Durch Düngung kann der Zuwachs nur in den Grenzen gesteigert werden, die durch Klima- und Wasserhaushalt gegeben sind.

Die Nadelanalyse zeigt bei relativ guter Nährstoffversorgung eine Verschiebung der Calcium- und Kali-Werte gegenüber der Bodenanalyse. Die Versorgung mit Calcium ist in den Nadeln besser, jene mit Kali geringer. Dies mag mit den klimatischen Verhältnissen - längere Trockenperioden im Sommer - zusammenhängen, wie Untersuchungen auf Pseudogleyen wiederholt ergaben.

Pseudogleystandorte mit langer Trockenphase wirken allgemein auf den Wachstumsgang der Fichte hemmend.

TRAUBENEICHEN - (BUCHEN TANNEN) - WALD auf frischem, mäßig bindigem Staublehm (Parabraunerde).

Der Humushorizont ist mit Nährstoffen angereichert, jedoch besonders unter Moostyp nur 1-2 cm mächtig, die Gesamtnährstoffmenge daher wiederum gering. Der Mineralboden (besonders tiefe Horizonte) ist reich an Kali und Magnesium, ansonsten nährstoffarm, insbesondere an Calcium. Der Wurzelraum umfaßt hier jedoch bis 50 cm. Der leichtere Oberboden könnte Düngernährstoffen ein Eindringen bis zu dieser Tiefe erlauben. Auf diesen Standorten ist mit guter Düngerwirkung zu rechnen.

Diese Standortseinheit kommt auf ca. 40 ha des Untersuchungsgebietes vor.

WEISSKIEFERN - BUCHEN - TRAUBENEICHEN - WALD auf mäßig frischem, sehr skelettreichem Reliktbraunlehm über Schotter (leichte Parabraunerde).

Diese vorwiegend südgeneigten Flächen sind meist mit Kiefer bestockt, der Humus ist ausgehagert und zusätzlich durch Streunutzung auf eine unbedeutende Moderschicht reduziert. Diese Böden sind mit Magnesium ausreichend, ansonsten jedoch eher schlecht versorgt. Sie sind düngungsbedürftig und besonders bei gleichzeitiger Umwandlung der Kiefernbestände sehr düngungswürdig (Humusaufbau). Jedoch ist auf untersonnten Teilflächen ohne Bodenbedeckung auf Verbrennungsgefahr zu achten. Im Untersuchungsgebiet ist diese Einheit mit ca. 30 ha vertreten.

2.3. DÜNGUNGSPLAN

Neben den ausbringungstechnischen Erfahrungen, die man bei diesem Versuch gewinnen wollte, war der Hauptzweck eine betriebswirtschaftlich lohnende Zuwachssteigerung in einer Betriebsklasse durch gezielte, harmonische

Düngung. Standortkundliche (siehe dazu Abschn. 2.2.) und nadelanalytische (siehe dazu STEFAN, 1981) Voruntersuchungen in Kombination mit den bis dahin bereits gewonnenen Erkenntnissen aus in- und ausländischen Düngungsversuchen bildeten die Grundlage eines Rezepturvorschlages, welcher dann tatsächlich realisiert wurde. Der wichtigste Abschnitt des seinerzeit von J. Pollanschutz gemeinsam mit K. Stefan, H. Jelem und W. Kilian (alle FBVA) erarbeiteten Gutachtens sei hier wörtlich zitiert:

"Die standortkundlichen Untersuchungen und die Ergebnisse der chemischen Nadelanalysen lassen den Schluß zu, daß im gesamten Bereich des Versuchsareals Pinkafeld/Oberwart vor allem eine Stickstoffdüngung in Erwägung zu ziehen ist. Die gegenwärtige Versorgung der Hauptbaumarten Fichte und Kiefer mit den übrigen Hauptnährstoffen P, K, Ca und Mg kann im Durchschnitt als ausreichend angesehen werden. Da bei einer raschen und entscheidenden Erhöhung der Versorgung mit N jedoch eine "Verdünnung", insbesondere der Nährelemente K und P, zu erwarten ist, sollte eine NPK - Düngung in Erwägung gezogen werden, um die relativ harmonischen Verhältnisse, in denen die Nährelemente zueinander stehen, nicht zu stören.

Es wird daher eine Düngung vorgeschlagen, bei der pro ha durchschnittlich folgende Reinnährstoffmengen zur Anwendung gelangen:

N	200 kg/ha
P ₂ O ₅	100 kg/ha
K ₂ O	100 kg/ha

(Mit Rücksicht auf die relativ geringen Vorräte an Ca wäre auch eine eventuelle Berücksichtigung dieses Nährelementes günstig.)"

Als Düngemittel stellten die Österreichischen Stickstoffwerke für diesen Versuch einen granulierten Volldünger "Spezialkorn 20:10:10" zur Verfügung, von dem 1000 kg je ha Düngungsfläche ausgebracht wurden. Insgesamt wurden 120 to (entsprechend 120 ha Düngungsfläche) ausgebracht. Zu Vergleichszwecken wurden weitere 6,75 ha mit insgesamt 3 to Harnstoff gedüngt. Die Lage der Düngungsfelder ist aus Abb. 1b zu ersehen.



Abbildung 2: Auf einem Hubstapler montierte Beladevorrichtung. Durchschnittliche Beladezeit: 2,5 Minuten/Start.

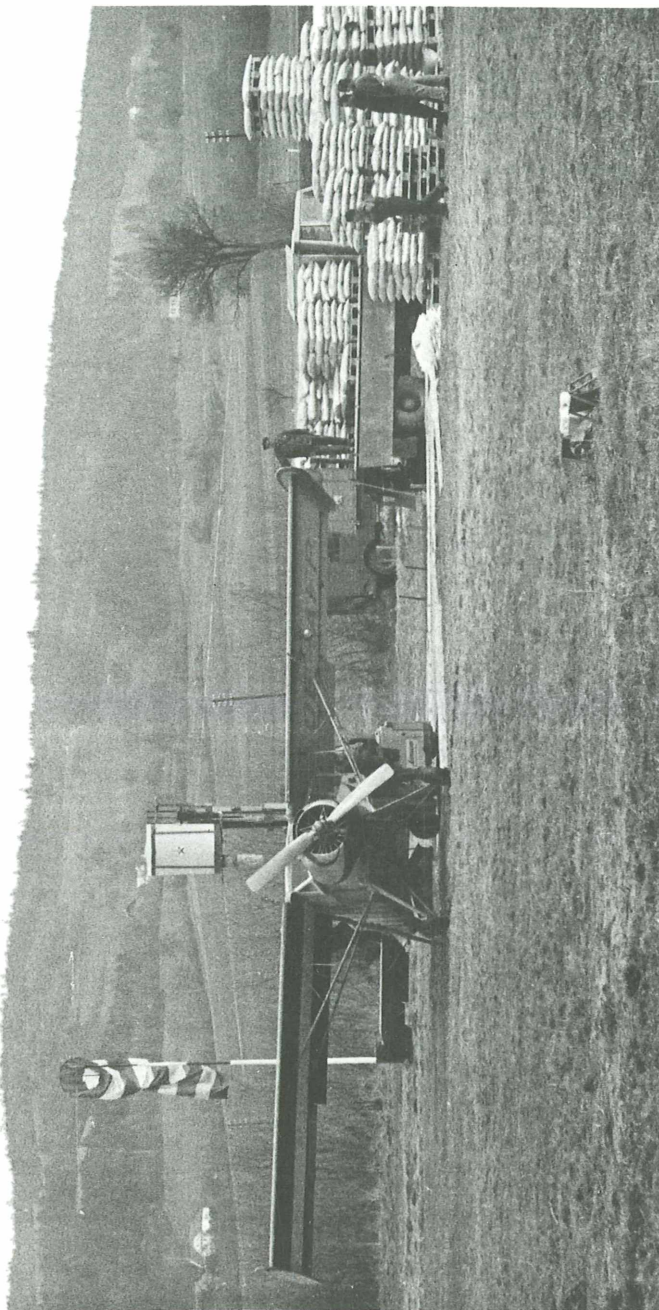


Abbildung 3: Eines der beiden eingesetzten Flugzeuge (PZL - 101A "Gawron") während des Beladevorganges. Rechts im Hintergrund das in Säcken gelagerte Düngemittel. Der Einsatz von Starrflüglern im hügeligen Gelände hat sich bewährt.

2.4. TECHNIK DER AUSBRINGUNG

2.4.1. DÜNGUNGSAKTION

Das Düngemittel wurde von zwei Spezialflugzeugen der Type PZL - 101A ("Gawron") der "Agrarflug Glück Gesellschaft" ausgebracht. Die Zuladefähigkeit betrug 500 kg, die durchschnittliche effektive Streubreite 10 m (tatsächlich war die Basis des Streukegels ca. um 2 bis 3 m breiter, die Streudichte im Randbereich jedoch geringer, durch Überlappung im Randbereich wurde gleichmäßige Streuqualität weitgehend erreicht; siehe dazu auch Abb. 5). Die Düngungsfelder wurden so eingerichtet, daß im Normalfall die Lademenge auf einer Länge von 500 m ausgebracht werden konnte (in einigen Fällen mußten den Geländeverhältnissen entsprechend Flugbahnen von 450 m Länge bei einer Zuladung von 450 kg gewählt werden). Anfangs- und Endlinien wurden so gelegt, daß sie in der Natur (d.h. auch vom Flugzeug aus) deutlich sichtbar waren (Wege, Schneisen, Loshiebe u.ä.). Auf den Anfangs- und Endlinien wurden im Abstand von 50 m je 2 wasserstoffgefüllte Ballons als Orientierungshilfe für die Piloten aufgelassen. Jeweils nach 5 Anflügen (= 50 m Streubreite) wurde einer dieser Ballons am nächsten Signalpunkt aufgelassen. Zwischen Einsatzleitung im Wald und am Flugplatz, den Piloten sowie den Markierungstrupps bestand ständige Funkverbindung, um eine möglichst einwandfreie Ausbringungsqualität und einen koordinierten Einsatz der Flugzeuge sowie des Bodenpersonals zu gewährleisten.

Die Beladung der Flugzeuge erfolgte am Flugplatz mittels einer speziell konstruierten Einfüllvorrichtung, die auf einem Hubstapler montiert war (siehe dazu auch Abb. 2 und Abb. 3).

Als Termin für die Ausbringung war zunächst die Woche ab dem 1. 4. 1970 angesetzt worden, Schneefälle zwangen nach 12 Starts jedoch zu einer Verschiebung um eine Woche. In der Zeit vom 7. bis 10. 4. 1970 wurde dann mit weiteren 241 Starts die geplante Düngemittelmenge ausgebracht. Die Wetterverhältnisse waren in dieser Zeit sehr stark schwankend: Neben besten Verhältnissen mit klarer Sicht und Windstille kamen Nebel, Regen, Wind und Gewitter vor.

2.4.2. ERFAHRUNGSWERTE

Aus genauen Protokollen über alle Personal- und Materialeinsätze lassen sich einige Erfahrungswerte herleiten, die möglicherweise über den speziellen Einsatz hinaus von Interesse sein können und daher im folgenden mitgeteilt werden.

Einsatz an Personal und Fahrzeugen:

Einsatzleitung im Revier und am Flugplatz:		2 Pers.
Ausbringung des Düngemittels (Piloten):	2 Flugzeuge	2 Pers.
Beladung der Flugzeuge:	1 Traktor	2 Pers.
Signalisierung der Anfangs- und Endlinien der Düngungsfelder (2 Pers. je Linie, 2 Felder):		8 Pers.
Personal- und Materialtransport:	1 Kleinbus	1 Pers.
Funkverkehr (je 1 Fahrzeug mit Funkeinrichtung des Österr. Bundesheeres im Revier und am Flugplatz, Fahrer und Funker):	2 Fahrzeuge	4 Pers.
Kontrolle der Düngemittelausbringung auf den ertragskundlichen Probeflächen:	1 Traktor	7 Pers.
Summe:		26 Pers.

(Es ist anzumerken, daß die 7 Personen für die Kontrolle der Düngemittelausbringung und der Traktor für den Transport der Fangvorrichtungen nur aus v e r s u c h s t e c h n i s c h e n Gründen eingesetzt wurden, bei einer normalen Düngungsaktion ohne Versuchsbeobachtung also entfallen würden; bei Einsatz von Handsprechfunkgeräten würden auch die Fahrzeuge mit Funkausrüstung samt Besatzung überflüssig.)

Im Mittel aller Starts ergab sich für den Einsatz beider Flugzeuge folgender Zeitbedarf:

	Min./Start	Min./to Düngemittel Min./ha Düngungsgebiet
Reine Flugzeit	8,6	17,2
Ladezeit	2,5	5,0
Rüst- und Wartezeiten	2,4	4,8
Summe:	13,5	27,0

Interessanterweise schwankten die Ladezeiten - von Anfangsschwierigkeiten abgesehen - bei den einzelnen Starts nur geringfügig. Wesentlich größer ist die Variationsbreite bei den Flugzeiten, wobei sich jedoch nachweisen läßt, daß die Entfernung vom Start- zum Einsatzplatz nahezu keinen, die Witterungsverhältnisse jedoch erheblichen Einfluß hatten (Mehrfachanflüge). Noch stärker weichen einzelne Rüst- und Wartezeiten vom Mittelwert ab. Auch hierfür waren die Wetterbedingungen maßgebend (startklare Flugzeuge mußten wegen Gewitter oder starkem Wind warten, Signalballons waren vom Wind unter Baumkronen verweht, Umsetzen der Signale von einem Feld auf anderes Feld verursachte Wartezeiten).

In analoger Weise läßt sich auch der Zeitbedarf für das Bodenpersonal (umgerechnet in Mannstunden) herleiten. (Versuchsbedingte Kontrolle und Funkverkehr nicht einberechnet!)

	Mann Std./Start	Mann Std./to Düngemittel = Mann Std./ha Düngungsgebiet
Einsatzleitung	0,53	1,06
Signalisierung	1,40	2,80
Transporte	0,20	0,40
Zusammen	<u>2,13</u>	<u>4,26</u>

Für die Kontrolle der auf den Versuchsprobestellen ausgebrachten Düngemittelmengen wurden im Durchschnitt 1,37 Std./Start bzw. 2,74 Std./je ha Düngungsareal aufgewendet.

Folgende wesentliche Erfahrungen können generell festgehalten werden:

Alle Zeitkomponenten sind entscheidend vom Wetter abhängig. In Perioden mit unsicherer oder stark wechselnder Witterungssituation können die Wartezeiten durchaus den Wert der effektiven Arbeitszeit erreichen oder gar überschreiten. Der Wahl einer ruhigen Großwetterlage kommt daher entscheidende Bedeutung zu.

Sprechfunkverbindung zwischen Einsatzleitung im Revier und Flugplatz, Piloten und Signalisiertrupp ist unerläßlich.

Die Signalisierung muß gut vorbereitet werden. Sollen Wartezeiten während des Umsetzens von einem Düngungsfeld auf das andere vermieden werden, so muß zu dieser Zeit eine Personalreserve vorhanden sein, welche die neuen Signale aufzieht, während die alten abgebaut werden.

Für einen rationellen Personaleinsatz ist eine gute Revieraufschliessung unerlässlich.

Die Kosten der Düngungsaktion sind in Tabelle 16 (siehe Abschnitt 6.1.) zusammengestellt.

3. ERTRAGSKUNDLICHE AUFNAHMEN

3.1. PROBEKREISE

Zum ertragskundlichen Nachweis des Düngungserfolges wurden im Untersuchungsgebiet insgesamt 82 Probekreise zur Dauerbeobachtung des Bestandeswachstums angelegt. 62 dieser Probekreise liegen an den Schnittpunkten eines 200 x 200 m Gitternetzes im Versuchsareal verteilt. Der Mittelpunkt der Probekreise wurde so gewählt, daß er mit dem gedachten Mittelpunkt des nächststehenden herrschenden oder vorherrschenden Baumes der Hauptbaumart innerhalb eines mehr oder weniger geschlossenen Bestandesteiles zusammenfiel. (Bestandeslücken und extrem lichte Bestandespartien wurden nicht in Dauerbeobachtung genommen.) Die Flächengröße der Probekreise wurde so gewählt, daß mindestens 40-50 Bäume je Probekreis vorhanden waren. Die Größe ist mindestens 1 ar oder ein Vielfaches davon. Die Anlage weiterer 20 Probekreise erwies sich als notwendig, um die Beobachtung einer ausreichenden Anzahl ungedüngter Kontrollproben sicherzustellen. Da auch diese Proben unmittelbar im Versuchsareal liegen sollten, mußte zwangsläufig von der zunächst gewählten systematischen Stichprobennahme abgegangen werden. Aus diesem Grund kann die gewählte Stichprobennahme nicht als repräsentativ im mathematisch statistischen Sinn für das Düngungsgebiet gelten, was bei der Auswertung (siehe unten) entsprechend zu berücksichtigen sein wird. Die Lage der Probeflächen ist aus Abb. 1 b zu ersehen.

3.2. UMFANG DER DATENERHEBUNG

Alle lebenden Bäume eines Probekreises wurden dauerhaft nummeriert und die Meßstellen in 1,30 m Höhe gekennzeichnet, bei Kiefer und Lärche gegebenenfalls nach Entfernung grober Rindenschuppen. Eine spezielle Flächensicherung (Verpflockung, Gräben etc.) erfolgte nicht.

Auf allen Probeflächen wurde im Herbst 1969 (teilweise auch noch im Frühjahr 1970) sowie im Herbst 1974 (inzwischen bereits auch im Herbst 1979) eine Vollaufnahme der Durchmesser mit dem Umfangmessband durchgeführt. Weiters erfolgte eine Ansprache der Baumart, der sozialen Stellung sowie allfälliger Schaft- und Kronenschäden. An mindestens 40 Bäumen der Hauptbaumart (und allen Nebenbaumarten) je Probekreis wurden die Baumhöhen mittels Blume - Leiss Höhenmesser bestimmt. Bei der Erstaufnahme wurde zusätzlich auch die Kronenansatzhöhe gemessen. Zur Altersbestimmung wurden an mindestens 2 Stöcken in der unmittelbaren Umgebung des Probekreises die Jahrringe ausgezählt, ersatzweise mindestens 2 Bäume in Stockhöhe angebohrt. Zusammen mit Altersangaben des Forsteinrichtungswerkes sowie benachbarter Probekreise wurde für jede Fläche ein Schätzwert für das durchschnittliche Alter ermittelt.

3.3. BEHANDLUNG DER PROBEFLÄCHEN NACH DER ERSTAUFNAHME

Der allgemeinen Zielsetzung entsprechend, die Wirkung einer Mineraldüngung im Großversuch unter "Praxisbedingungen" zu untersuchen, sollte die Bewirtschaftung des Versuchsareals möglichst ungestört in der bisher geübten bzw. der forstamtsüblichen Form durchgeführt werden. Allerdings wurde der Forstverwaltung angeraten, im Düngungsgebiet insbesondere Endnutzungen mindestens 10 Jahre zurückzustellen, um den zu erwartenden Mehrzuwachs voll abschöpfen zu können. Hinsichtlich der Probeflächen war allerdings eine gewisse Einschränkung der Bewirtschaftung erforderlich. Einerseits sollten hier auf alle Fälle Endnutzungen und Vorbereitungshiebe vermieden werden, um die unter erheblichem Mittelaufwand eingerichteten Probekreise nicht vorzeitig aufzulösen bzw. wertlos zu machen. Mit einer Ausnahme (Trassenaufhieb Probefläche Nr. 81) konnten bisher alle Probekreise

erhalten werden. Andererseits sollte auch vermieden werden, daß etwa durch kräftige Durchforstungen jüngerer Bestände möglicherweise ein Lichtungseffekt die zu beobachtende Düngewirkung überlagert. Allfällige Durchforstungsmaßnahmen wurden in Zusammenarbeit zwischen der FBVA und der örtlichen Forstverwaltung als mäßige Niederdurchforstungen durchgeführt.

4. ERTRAGSKUNDLICHE AUSWERTUNG

4.1. DATENKONTROLLE

Für die Aufbereitung und Auswertung des umfangreichen Datenmaterials stand das nach dem von JOHANN (1976) entwickelten und beschriebenen Konzept erstellte Programmpaket zur Auswertung von langfristig beobachteten Dauerversuchen an der IBM 1130 der FBVA zur Verfügung. Die ertragskundliche Auswertung gliedert sich nach diesem Konzept in die 4 Teilschritte: Datenkontrolle, Datenaufbereitung, Analyse (Flächenkennwerte und Leistungstabellen) und Interpretation (Zuwachsvergleich). Insbesondere der erste dieser Teilschritte ist - selbst bei EDV-Unterstützung - sehr zeitaufwendig. Im wesentlichen handelt es sich darum, Aufnahmefehler (Meß- und Hörfehler) logisch zu erkennen und zu beseitigen. Erkennbar sind zum Beispiel folgende Fehler:

Verkleinerung des Durchmessers oder der Höhe des Baumes,
Änderung der Baumartenansprache von einer zur anderen Aufnahme
oder unlogische Aushiebskennzeichnung.

Mit EDV-Unterstützung werden für j e d e n Baum alle Fehlermöglichkeiten überprüft, und ein Protokoll der "Verdachtsfälle" erstellt. J e d e r e i n z e l n e verdächtige Wert wird überprüft (Vergleich mit Urbelegen, gegebenenfalls Nachmessung) und je nach Prüfergebnis entweder akzeptiert oder korrigiert. In jedem Falle wird ein Protokoll angelegt, aus dem die vorgenommenen Korrekturen ersichtlich sind. Es handelt sich dabei keineswegs um Manipulation in einer ganz bestimmten Richtung, sondern um eine äußerst sorgfältige und verantwortungsbewußte Überprüfung des gesamten Datenfeldes. Korrekturen innerhalb dieser Auswertungsstufe erfolgen ohne jede Kenntnis davon, ob eine Probefläche gedüngt oder ungedüngt ist!

Der vorstehende Hinweis auf die Datenkontrolle soll einerseits erklären, warum es - selbst bei EDV-Anwendung - eine äußerst zeitraubende Angelegenheit ist, einen Dauerversuch mit 82 Probekreisen auszuwerten. Andererseits liegt hierin die Begründung dafür, daß diese Auswertung nur als "vorläufig" bezeichnet werden kann. Einige der möglichen Fehler bei der Aufnahme von Dauerversuchen können nämlich bei nur 2 Aufnahmen überhaupt nicht entdeckt werden. Die "gutachtliche" Korrektur einzelner fraglicher Meßwerte wird frühestens mit Vorliegen der Ergebnisse der dritten Aufnahme vertrauenswürdig. Wenn hier trotzdem Ergebnisse nach der ersten Revisionsaufnahme mitgeteilt werden, so ist dies eine Konzession an das verständliche Bedürfnis der forstlichen Praxis, insbesondere aber der ÖBF, möglichst bald über die Wirkung der durchgeführten Düngungsmaßnahme unterrichtet zu werden. Dem Verfasser der vorliegenden Analyse bleibt es jedoch nicht erspart, darauf hinweisen zu müssen, daß trotz in jeder Aufnahme- und Auswertungsphase angestrebter höchster Zuverlässigkeit **n i c h t** das Auftreten zufälliger oder systematischer Fehler mit Sicherheit ausgeschlossen werden kann. Insbesondere die Meßtechnik bei der Ermittlung der Höhe stehender Bäume ist unter den gegebenen Verhältnissen (gerätemäßige und zeitmäßige Ausstattung) nicht geeignet, das Auftreten systematischer Fehler ganz zu verhindern. Systematische Fehler bei der Höhenmessung können frühestens nach der 2. Revisionsaufnahme erkannt werden und können - wie Beispiele in den letzten Jahren gezeigt haben - zu erheblichen Fehlschätzungen von Zuwachsunterschieden führen.

4.2. DATENAUFBEREITUNG

4.2.1. DURCHMESSERHÖHENKURVEN

Für den weiteren Auswertungsgang wird jeder Probekreis als selbständige, unabhängige Einheit aufgefaßt, d.h. alle Berechnungen (Durchmesserhöhenkurven = DHK, Flächenkennwerte, Leistungstabellen) wurden für jeden Probekreis so durchgeführt, als ob dieser eine Parzelle in einem klassischen Blockversuch sei.

Für 4 verschiedene Gleichungstypen werden die Regressionskoeffizienten

PINKAFELD 1. LF. 77 07 23
PARZELLE 35 JAHR 69 ZAHLE DER HOEHENMESSUNGEN 33

$$X(1)=BHD \cdot X(2)=1/BHD \cdot X(3)=ALOG(X(1)), X(4)=H-13, X(5)=ALOG(X(4))$$

VARIABLENKOMBINATION														
0.737501E-02														
0.48908E 01														
0.532889E 00														
0.266002E 03														
0.122148E 03														
0.105039E 03														
4 3 0														
0.737501E-02														
0.48908E 01														
0.532889E 00														
0.266002E 03														
0.122148E 03														
0.105039E 03														
4 3 0														
0.737501E-02														
0.48908E 01														
0.532889E 00														
0.266002E 03														
0.122148E 03														
0.105039E 03														
4 3 0														
0.737501E-02														
0.48908E 01														
0.532889E 00														
0.266002E 03														
0.122148E 03														
0.105039E 03														
4 3 0														
0.737501E-02														
0.48908E 01														
0.532889E 00														
0.266002E 03														
0.122148E 03														
0.105039E 03														
4 3 0														
0.737501E-02														
0.48908E 01														
0.532889E 00														
0.266002E 03														
0.122148E 03														
0.105039E 03														
4 3 0														
0.737501E-02														
0.48908E 01														
0.532889E 00														
0.266002E 03														
0.122148E 03														
0.105039E 03														
4 3 0														
0.737501E-02														
0.48908E 01														
0.532889E 00														
0.266002E 03														
0.122148E 03														
0.105039E 03														
4 3 0														
0.737501E-02														
0.48908E 01														
0.532889E 00														
0.266002E 03														
0.122148E 03														
0.105039E 03														
4 3 0														
0.737501E-02														
0.48908E 01														
0.532889E 00														
0.266002E 03														
0.122148E 03														
0.105039E 03														
4 3 0														
0.737501E-02														
0.48908E 01														
0.532889E 00														
0.266002E 03														
0.122148E 03														
0.105039E 03														
4 3 0														
0.737501E-02														
0.48908E 01														
0.532889E 00														
0.266002E 03														
0.122148E 03														
0.105039E 03														
4 3 0														
0.737501E-02														
0.48908E 01														
0.532889E 00														
0.266002E 03														
0.122148E 03														
0.105039E 03														
4 3 0														
0.737501E-02														
0.48908E 01														
0.532889E 00														
0.266002E 03														
0.122148E 03														
0.105039E 03														
4 3 0														
0.737501E-02														
0.48908E 01														
0.532889E 00														
0.266002E 03														
0.122148E 03														
0.105039E 03														
4 3 0														
0.737501E-02														
0.48908E 01														
0.532889E 00														
0.266002E 03														
0.122148E 03														
0.105039E 03														
4 3 0														
0.737501E-02														
0.48908E 01														
0.532889E 00														
0.266002E 03														
0.122148E 03														
0.105039E 03														
4 3 0														
0.737501E-02														
0.48908E 01														
0.532889E 00														
0.266002E 03														
0.122148E 03														
0.105039E 03														
4 3 0														
0.737501E-02														
0.48908E 01														
0.532889E 00														
0.266002E 03														
0.122148E 03														
0.105039E 03														
4 3 0														
0.737501E-02														
0.48908E 01														
0.532889E 00														
0.266002E 03														
0.122148E 03														
0.105039E 03														
4 3 0														
0.737501E-02														
0.48908E 01														
0.532889E 00														
0.266002E 03														
0.122148E 03														
0.105039E 03														
4 3 0														
0.737501E-02														
0.48908E 01														
0.532889E 00														
0.266002E 03														
0.122148E 03														
0.105039E 03														
4 3 0														
0.737501E-02														
0.48908E 01														
0.532889E 00														
0.266002E 03														
0.122148E 03														
0.105039E 03														
4 3 0														
0.737501E-02														
0.48908E 01														
0.532889E 00														
0.266002E 03														
0.122148E 03														
0.105039E 03														
4 3 0														
0.737501E-02														
0.48908E 01														
0.532889E 00														
0.266002E 03														
0.122148E 03														
0.105039E 03														
4 3 0														
0.737501E-02														
0.48908E 01														
0.532889E 00														
0.266002E 03														
0.122148E 03														
0.105039E 03														
4 3 0														
0.737501E-02														
0.48908E 01														
0.532889E 00														
0.266002E 03														
0.122148E 03														
0.105039E 03														
4 3 0														
0.737501E-02														
0.48908E 01														
0.532889E 00														
0.266002E 03														
0.122148E 03														
0.105039E 03														
4 3 0														
0.737501E-02														
0.48908E 01														
0.532889E 00														
0.266002E 03														
0.122148E 03														
0.105039E 03														
4 3 0														
0.737501E-02														
0.48908E 01														
0.532889E 00														
0.266002E 03														
0.122148E 03														
0.105039E 03														
4 3 0														
0.737501E-02														
0.48908E 01														
0.532889E 00														
0.266002E 03														
0.122148E 03														
0.105039E 03														
4 3 0														
0.737501E-02														
0.48908E 01														
0.532889E 00														
0.266002E 03														
0.122148E 03														
0.105039E 03														
4 3 0														
0.737501E-02														
0.48908E 01														
0.532889E 00														
0.266002E 03														
0.122148E 03														
0.105039E 03														
4 3 0														
0.737501E-02														
0.48908E 01														
0.532889E 00														
0.266002E 03														
0.122148E 03														
0.105039E 03														
4 3 0														
0.737501E-02														
0.48908E 01														
0.532889E 00														
0.266002E 03														
0.122148E 03														
0.105039E 03														
4 3 0														
0.737501E-02														
0.48908E 01														
0.532889E 00														
0.266002E 03														
0.122148E 03														
0.105039E 03														
4 3 0														
0.737501E-02														
0.48908E 01														
0.532889E 00														
0.266002E 03														
0.122148E 03														
0.105039E 03														
4 3 0														
0.737501E-02														
0.48908E 01														
0.532889E 00														
0.266002E 03														
0.122148E 03														
0.105039E 03														
4 3 0														
0.737501E-02														
0.48908E 01														
0.532889E 00														
0.266002E 03														
0.122148E 03														
0.105039E 03														
4 3 0														
0.737501E-02														
0.48908E 01														
0.532889E 00														
0.266002E 03														
0.122148E 03														
0.105039E 03														
4 3 0														
0.737501E-02														
0.48908E 01														
0.532889E 00														
0.266002E 03														
0.122148E 03														
0.105039E 03														
4 3 0														
0.737501E-02														
0.48908E 01														
0.532889E 00														
0.266002E 03														
0.122148E 03														
0.105039E 03														
4 3 0														
0.737501E-02														
0.48908E 01														
0.532889E 00														
0.266002E 03														
0.122148E 03														
0.105039E 03														
4 3 0														
0.737501E-02														
0.48908E 01														
0.532889E 00														
0.266002E 03														
0.122148E 03														
0.105039E 03														
4 3 0														
0.737501E-02														
0.48908E 01														
0.532889E 00														
0.266002E 03														
0.122148E 03														
0.105039E 03														
4 3 0														
0.737501E-02														
0.48908E 01														
0.532889E 00														
0.266002E 03														
0.122148E 03														
0.105039E 03														
4 3 0														
0.737501E-02														
0.48908E 01														
0.532889E 00														
0.266002E 03														
0.122148E 03														
0.105039E 03														
4 3 0														
0.737501E-02														
0.48908E 01														
0.532889E 00														
0.266002E 03														
0.122148E 03														
0.105039E 03														
4 3 0														
0.737501E-02														
0.48908E 01														
0.532889E 00														
0.266002E 03														
0.122148E 03														
0.105039E 03														
4 3 0														
0.737501E-02														
0.48908E 01														
0.532889E 00														
0.266002E 03														
0.122148E 03														
0.105039E 03														
4 3 0														
0.737501E-02														
0.48908E 01														
0.532889E 00														
0.266002E 03														
0.122148E 03														
0.105039E 03														
4 3 0														
0.737501E-02														
0.48908E 01														
0.532889E 00														
0.266002E 03														
0.122148E 03														
0.105039E 03														
4 3 0														
0.737501E-02														
0.48908E 01														
0.532889E 00														
0.266002E 03														
0.122148E 03														
0.105039E 03														
4 3 0														
0.737501E-02														
0.48908E 01														
0.532889E 00														
0.266002E 03														
0.122148E 03														
0.105039E 03														
4 3 0														
0.737501E-02														
0.48908E 01														
0.532889E 00														
0.266002E 03														
0.122148E 03														
0.105039E 03														
4 3 0														
0.737501E-02														
0.48908E 01														
0.532889E 00														
0.266002E 03														
0.122148E 03														
0.105039E 03														
4 3 0														
0.737501E-02														
0.48908E 01														
0.532889E 00														
0.266002E 03														
0.122148E 03														
0.105039E 03														
4 3 0														
0.737501E-02														
0.48908E 01														
0.532889E 00														
0.266002E 03														
0.122148E 03														
0.105039E 03														
4 3 0														
0.737501E-02														
0.48908E 01														
0.532889E 00														
0.266002E 03														
0.122148E 03														
0.105039E 03														
4 3 0														
0.737501E-02														
0.48908E 01														
0.532889E 00														
0.266002E 03														
0.122148E 03														
0.105039E 03														
4 3 0														
0.737501E-02														
0.48908E 01														
0.532889E 00														
0.266002E 03														
0.122148E 03														
0.105039E 03														
4 3 0														
0.737501E-02														
0.48908E 01														
0.532889E 00														
0.266002E 03														
0.122148E 03														
0.105039E 03														
4 3 0														
0.737501E-02														
0.48908E 01														
0.532889E 00														
0.266002E 03														
0.122148E 03														
0.105039E 03														
4 3 0														
0.737501E-02														
0.48908E 01														
0.532889E 00														
0.266002E 03														
0.122148E 03														
0.105039E 03														
4 3 0														
0.737501E-02														
0.48908E 01														
0.532889E 00														
0.266002E 03														
0.122148E 03														
0.105039E 03														
4 3 0														
0.737501E-02														
0.48908E 01														
0.532889E 00														
0.266002E 03														
0.122148E 03														
0.105039E 03														
4 3 0														
0.737501E-02														
0.48908E 01														
0.532889E 00														
0.266002E 03														
0.122148E 03														
0.105039E 03														
4 3 0														
0.737501E-02														
0.48908E 01														
0.532889E 00														
0.266002E 03														
0.122148E 03														
0.105039E 03														
4 3 0														
0.737501E-02														
0.48908E 01														
0.532889E 00														
0.266002E 03														
0.122148E 03														
0.105039E 03														
4 3 0														
0.737501E-02														
0.48908E 01														
0.532889E 00														
0.266002E 03														
0.122148E 03														
0.105039E 03														
4 3 0														
0.737501E-02														
0.48908E 01														
0.532889E 00														
0.266002E 03														
0.122148E 03														
0.105039E 03														
4 3 0														
0.737501E-02														
0.48908E 01														
0.532889E 00														
0.266002E 03														
0.122148E 03														
0.105039E 03														
4 3 0														
0.737501E-02														
0.48908E 01														
0.532889E 00														
0.266002E 03														
0.122148E 03														
0.105039E 03														
4 3 0														
0.737501E-02														
0.48908E 01														
0.532889E 00														
0.266002E 03														
0.122148E 03														
0.105039E 03														
4 3 0														

Abbildung 4: Beispiel für die Überprüfung von Höhenkurven. Die gemessenen Werte (*) werden mit den aus Regression berechneten (I) verglichen. Baumnnummer 31 weist für die Variablenkombination 4 3 0 mehr als das Dreifache der Reststreuung auf (gemessene Höhe 21,3 m, berechnete Höhe 26,4 m) und geht daher als "Ausreißer" nicht in den folgenden Berechnungsgang ein.

berechnete Höhen 1969
berechnete Höhen 1974
Grenzen des mit Meßwerten
besetzten Bereiches der Kurven

Abbildung 5: Beispiel für einen ungeeigneten Typ von Höhenkurven. Die Kurven schneiden sich im mit Meßwerten besetzten Bereich. Die Verwendung dieser Gleichung würde zu Fehlschätzungen führen.

berechnete Höhen 1969
berechnete Höhen 1974
Grenzen des mit Meßwerten
besetzten Bereiches der Kurven

Abbildung 6: Beispiel für einen gut geeigneten Typ von Höhenkurven. Die Variablenkombination 4 3 0 ist rel. "starr". Als i. a. bester Gleichungstyp wurde sie für alle Proben und Jahre verwendet.

und sonstige statistische Kennwerte des Zusammenhanges zwischen Durchmesser und Höhe für jede Probefläche berechnet. In einem ersten Durchlauf gehen alle Höhenmeßwerte der Hauptbaumart in die Regression ein. Im nächsten Auswertungsschritt werden die gemessenen Höhen mit den aus den Regressionsgleichungen berechneten Werten verglichen. Aus einer grafischen Darstellung (siehe dazu als Beispiel Abb. 4) können einerseits Ausreißerwerte leicht gefunden und andererseits bestimmte Trends der DHK erkannt werden. In einem nächsten Berechnungsgang der DHK-Koeffizienten gehen Ausreißerwerte bzw. fragliche Höhen nicht mehr ein. Die Berechnung neuer DHK-Koeffizienten wird solange fortgesetzt, bis alle Ausreißerwerte eliminiert sind. (Bei einzelnen Probeflächen waren dazu bis zu 4 Durchgänge notwendig.) Im nächsten Schritt der Datenaufbereitung wird die altersbedingte Verlagerung der gemessenen und der aus den DHK geschätzten Höhen überprüft. Es kommt hierbei im wesentlichen darauf an festzustellen, ob mit zunehmendem Durchmesser bei jeweils höherem Alter auch eine Verlagerung der Höhenkurven in entsprechender Weise stattgefunden hat. Eine rein schematische Anwendung bestimmter Regressionskoeffizienten könnte - wie das in Abb. 5 dargestellte Beispiel zeigen soll - zu erheblichen Fehlschätzungen bei der Höhe und damit zu Verzerrungen bei der Bestimmung des Volumenzuwachses führen. Die visuelle Kontrolle der altersbedingten Verlagerung der Höhenkurven ist ein entscheidendes Kriterium für die endgültige Auswahl eines bestimmten Gleichungstypes der Durchmesserhöhenkurven (siehe dazu Abb. 6).

Nach eingehender Analyse aller Kennwerte der Durchmesserhöhenkurven sowie Prüfung aller altersbedingten Höhenverlagerungen wurde für alle Probeflächen (sowohl mit der Hauptbaumart Fichte als auch mit der Hauptbaumart Kiefer) folgender Gleichungstyp (Variablenkombination 43o) gewählt:

$$\ln (H - 1,3 \text{ m}) = A_0 + A_1/\text{BHD}$$

wobei H Höhe und BHD = Brusthöhendurchmesser. Auf eine tabellenmäßige Wiedergabe aller Kennwerte der Durchmesserhöhenkurven muß hier aus Platzgründen und im Hinblick auf die Vorläufigkeit der Auswertung verzichtet werden.

Tabelle 1: Ertragskundliche Kennwerte der Fichtenprobeflächen mit NPK-Spezialdünger (Erläuterung der Symbole siehe Tabelle 2).

PROBE	DKL	ALTER	HO	HM	EKL	N/ha	G/ha	BGR	V/ha	MGH	LZV	LZG
1	0	30	18.9	13.9	12.4	2800	34.0	1.02	263	34.3	13.2	1.04
2	2	33	16.6	11.0	7.6	2000	27.6	1.03	197	28.1	13.5	1.14
3	2	40	15.3	10.7	5.6	3500	32.9	1.22	208	34.2	17.4	1.84
4	2	37	18.6	15.6	10.7	1533	33.5	0.96	295	36.4	20.6	1.18
5	0	37	19.9	14.8	9.8	1867	28.7	0.86	229	31.5	14.0	1.12
6	0	50	18.2	13.0	5.3	2750	33.2	1.08	238	35.6	11.1	0.96
7	2	36	19.6	15.0	10.5	1633	24.6	0.72	199	27.7	15.0	1.26
8	2	34	20.3	14.5	10.9	2150	29.4	0.88	242	30.3	20.8	1.52
9	0	37	15.4	10.3	6.0	2450	21.1	0.80	128	23.2	12.3	1.30
10	2	38	18.1	12.2	7.2	1367	24.3	0.84	189	25.8	12.3	1.10
11	2	46	20.1	13.1	6.0	1700	29.0	0.95	233	30.1	14.7	1.18
12	2	44	17.9	12.0	5.7	3350	37.9	1.31	261	41.5	19.9	1.44
13	0	66	25.8	22.9	9.1	760	35.1	0.79	386	37.1	12.1	0.78
14	2	62	26.0	21.2	8.6	700	32.9	0.79	359	35.1	13.8	0.88
15	0	62	28.0	24.6	11.2	700	37.7	0.79	454	39.7	13.8	0.78
16	0	58	26.7	23.6	11.3	613	27.9	0.60	326	30.3	12.5	0.94
17	1	58	28.4	26.6	14.1	538	33.9	0.65	432	36.1	13.3	0.86
18	2	66	24.0	19.6	6.9	1400	39.1	0.99	401	41.3	15.0	0.92
19	0	62	27.9	23.9	10.6	800	40.7	0.88	483	42.4	12.1	0.76
20	2	62	27.2	24.8	11.4	940	41.9	0.88	517	44.6	19.9	1.10
21	2	46	19.9	15.5	7.7	2550	31.4	0.93	277	34.3	20.1	1.16
22	2	36	14.4	10.4	6.3	3150	23.7	0.90	143	27.8	19.4	1.64
25	0	62	26.2	20.1	7.8	1100	36.3	0.90	402	38.3	14.1	0.78
27	0	64	28.7	25.1	11.2	720	38.4	0.80	465	40.0	13.8	0.78
28	2	63	27.3	24.0	10.5	875	38.6	0.83	461	40.9	16.7	0.92
29	1	60	24.4	20.9	8.7	1125	36.3	0.87	391	38.4	14.4	0.84
32	2	47	16.9	13.2	5.9	2550	31.6	1.03	229	35.0	17.4	1.36
33	2	63	28.3	24.5	10.9	720	37.1	0.79	446	39.1	16.3	0.82
34	1	48	17.4	13.7	6.1	3800	40.1	1.27	309	41.7	17.9	1.18
35	1	62	27.2	23.2	10.0	925	40.3	0.89	459	42.3	16.3	0.80

Tabelle 1 (Fortsetzung): Ertragskundliche Kennwerte der Fichtenprobestflächen mit NPK-Spezialdünger
(Erläuterung der Symbole siehe Tabelle 2).

PROBE	DKL	ALTER	HO	HM	EKL	N/ha	G/ha	BGR	V/ha	MGH	LZV	LZG
36	2	80	30.3	28.8	11.3	400	36.6	0.69	476	38.5	13.3	0.76
37	0	80	29.5	27.0	10.0	367	33.5	0.67	400	35.2	15.6	0.96
38	1	62	20.5	16.3	5.6	1600	39.2	1.12	360	41.4	15.7	0.94
39	2	57	21.5	16.3	6.2	1633	36.2	1.03	324	39.1	17.0	1.14
40	2	50	22.2	17.7	8.4	2250	40.9	1.10	395	43.1	18.3	1.32
42	2	52	18.0	12.9	5.0	2050	34.8	1.14	271	37.7	14.5	1.18
43	0	60	23.6	18.7	7.2	1433	38.8	1.01	380	41.3	16.8	1.00
44	2	39	19.3	13.8	8.2	2650	37.5	1.20	292	41.2	21.5	1.48
45	2	40	16.2	11.6	6.2	2700	33.1	1.17	216	36.6	19.1	1.38
47	2	71	25.7	23.4	8.7	700	38.5	0.86	426	40.4	14.3	0.78
48	1	76	29.3	25.7	9.6	543	42.1	0.87	507	44.2	15.2	0.84
49	2	80	28.7	25.2	8.8	557	42.9	0.91	508	45.4	18.7	0.98
50	2	74	26.2	24.2	8.8	700	39.3	0.86	460	41.0	14.8	0.68
52	1	42	12.3	9.2	4.4	2750	24.6	0.97	134	27.1	10.4	1.02
53	2	42	17.1	11.5	5.8	2200	23.0	0.81	156	25.6	16.0	1.22
54	0	37	21.2	17.3	12.6	1950	39.6	1.02	368	42.5	22.8	1.30
55	0	38	21.5	16.3	11.0	2200	35.9	0.99	319	39.4	23.6	1.44
56	2	42	17.7	13.4	7.1	2650	36.1	1.18	268	39.2	20.7	1.52
59	0	77	25.7	23.3	7.9	717	32.9	0.74	377	34.5	10.8	0.62
60	0	77	27.3	25.3	9.2	557	36.7	0.77	433	38.4	13.4	0.70
64	0	73	28.6	22.3	7.7	729	44.1	1.02	511	45.3	15.5	0.80
65	1	47	16.9	12.8	5.7	3250	40.9	1.35	300	43.6	14.3	1.08
67	1	62	24.0	20.2	7.9	1250	37.0	0.92	393	38.8	13.2	0.80
68	2	32	15.4	10.7	7.7	3350	28.1	1.07	178	32.1	17.6	1.60
69	2	32	15.1	10.8	7.8	2425	27.5	1.04	173	31.3	18.5	1.50
75	0	42	20.5	14.6	8.0	2700	41.4	1.27	332	44.6	22.6	1.28
76	2	42	20.8	15.4	8.7	2400	41.1	1.21	345	44.3	20.6	1.28
78	0	50	26.2	20.6	10.8	1467	39.8	0.95	428	42.0	13.4	0.88
80	0	62	27.0	24.4	11.0	860	36.9	0.78	448	39.0	15.9	0.82
81	0	62	24.2	20.0	7.8	1533	43.1	1.08	445	45.2	15.3	0.84

Tabelle 2: Ertragskundliche Kennwerte der Fichtenparzellen mit Harnstoffdüngung.

ERLÄUTERUNG DER SYMBOLE: DKL = Düngungsklasse; HO, HM Mittelhöhe der 100 stärksten Bäume je ha bzw. des Grundflächenmittelstammes 1969H; EKL = Ertragsklasse als dgZ100; N/ha, G/ha, V/ha = Stammzahl, Grundfläche in qm bzw. Volumen in Vfm S m R 1969H; BGR = Bestockungsgrad bezogen auf Ertragstafel; MGH = mittlere Grundflächenhaltung in qm von 1969H bis 1974H; LZV, LZG = laufender Volumen- bzw. Grundflächenzuwachs je Jahr und ha in der Periode von 1969H bis 1974H; H = Herbst.

PROBE	DKL	ALTER	HO	HM	EKL	N/ha	G/ha	BGR	V/ha	MGH	LZV	LZG
23	2	64	28.4	25.5	11.5	740	40.7	0.83	496	43.1	16.4	0.96
24	1	60	25.9	22.9	10.2	850	40.4	0.90	465	42.1	14.4	0.14
26	1	59	29.0	26.5	13.7	700	40.5	0.78	520	42.6	19.7	1.04
71	1	65	26.7	23.3	9.6	925	39.8	0.88	461	41.8	14.1	0.84
72	1	68	25.7	23.0	8.8	1050	41.4	0.93	468	43.3	14.5	0.76
73	1	65	24.5	21.0	8.0	840	38.9	0.94	420	40.4	17.1	0.90
74	2	66	24.9	21.8	8.3	1000	39.0	0.92	436	41.0	15.6	0.78

Tabelle 3: Ertragskundliche Kennwerte der Kiefernprobeflächen (Erläuterung der Symbole siehe Tabelle 2).

PROBE	DKL	ALTER	HO	HM	EKL	N/ha	G/ha	BGR	V/ha	MGH	LZV	LZG
30	1	67	23.3	23.0	7.0	940	35.1	0.90	348	37.0	12.8	0.88
31	2	72	24.5	23.6	7.0	1020	34.7	0.87	358	37.0	12.0	0.92
41	2	53	20.2	18.4	7.1	1567	30.0	0.85	245	32.0	12.7	1.02
46	2	71	19.9	19.3	4.4	1300	32.5	1.02	261	34.6	10.7	0.84
51	2	69	22.6	21.0	6.5	638	23.7	0.62	230	24.6	8.5	0.56
57	2	38	14.0	12.1	6.0	2050	24.8	0.98	148	27.7	13.4	1.18
58	0	83	23.8	22.7	5.8	660	31.6	0.84	318	33.1	9.9	0.58
61	0	81	26.1	24.7	7.2	675	36.9	0.88	403	38.3	12.6	0.58
62	1	42	16.9	15.0	7.0	1625	25.1	0.81	175	26.9	8.5	0.74
63	2	76	26.5	25.5	8.0	1740	36.5	0.58	351	39.1	13.6	1.04
66	2	60	19.3	18.8	5.6	2025	29.2	0.91	220	32.1	12.5	1.14
77	0	39	15.8	14.0	7.0	1933	30.1	1.06	202	31.6	11.6	1.02
79	0	41	23.7	21.8	10.0	1367	34.0	0.81	333	36.2	14.2	0.88
82	0	75	26.4	25.9	8.0	600	40.3	0.94	478	42.3	13.9	0.80

Abschließend sei, darauf hingewiesen, daß eine geringe Zahl von Probekreisen mit der Hauptbaumart Kiefer nur etwa 10 - 15 Höhenmeßwerte für die Hauptbaumart aufwiesen, dagegen etwa 40 - 60 Meßwerte für unterdrückte bis mitherrschende Fichten im Nebenbestand. In diesen Fällen wurden für jede der beiden Baumarten eigene Höhenkurven berechnet. Die Problematik des regressionsanalytischen Ausgleichs von Kollektiven mit derart geringer Besetzung sei nicht verschwiegen. Die Plausibilität der Berechnungsergebnisse spricht allerdings für das gewählte Verfahren.

4.2.2. ERTRAGSKUNDLICHE FLÄCHENKENNWERTE UND LEISTUNGSTABELLEN

Für die Herleitung ertragskundlicher Flächenkennwerte und Leistungstabellen stehen Standardprogramme für die Auswertung von Dauerversuchen zur Verfügung. Dabei werden für jedes Aufnahmejahr und für jeden Baum einzeln die Grundfläche und das Schaftholzvolumen mit Rinde ($V_{fm_{SmR}}$) aus dem Brusthöhendurchmesser, dem Höhenschätzwert aus der DHK (bei Nebenbaumarten aus der gemessenen Höhe) und der Schaftholzformzahl nach den Funktionen von POLLANSCHÜTZ (1974 a) berechnet. Grundfläche und Volumen, sowie die daraus berechneten Zuwächse, die mittlere Grundflächenhaltung, die Gesamtwuchsleistung innerhalb der Beobachtungszeit und charakteristische Mittelwerte für Durchmesser und Höhe des verbleibenden Bestandes werden baumartenweise und in Summe, bezogen jeweils auf 1 ha Flächengröße, tabelliert. Auf die Wiedergabe dieser sogenannten "Leistungstabellen" muß hier aus Platzgründen verzichtet werden. In den Tabellen 1 - 3 sind die wichtigsten Kennwerte für den Zustand der Probekreisbestände zu Beginn der Beobachtungszeit (1969 Herbst) sowie der Grundflächen- und Volumenzuwachs wiedergegeben.

Tabelle 1 und 2 geben Zusammenstellungen für Probekreise mit der Hauptbaumart Fichte, Tabelle 3 für solche mit der Hauptbaumart Kiefer. Die in Tabelle 1 und 3 angeführten Probekreise sind entweder der Düngungsform NPK (siehe dazu Abschnitt 5.1.) oder den ungedüngten Vergleichsproben zugeordnet, die Probekreise der Tabelle 2 dagegen der "Düngungsform 3" (siehe

dazu Abschnitt 5.1). In den Tabellen ist weiterhin angeführt, welcher Düngungsklasse (siehe dazu 5.2.) jeder Probekreis zugeordnet wurde. Weiterhin sind Oberhöhe (=mittlere Höhe der 100 stärksten Bäume aus DHK) und Mittelhöhe (= Grundflächenmittelhöhe aus DHK) tabelliert. Die Ertragsklasse (EKL) und der Bestockungsgrad (BG) beziehen sich auf die Tafeln "Fichte - Bruck/Mur" bzw. "Kiefer - Heidenreichstein" (MARSHALL, 1975). Alle Zustandsdaten sind auf den Beginn der Beobachtung, nämlich 1969 Herbst (H), bezogen.

Als wichtigste Kenngrößen für die Beurteilung des Düngungserfolges und als Kenngrößen für die Entwicklung der Untersuchungsbestände sind angeführt: Die mittlere Grundflächenhaltung in m^2 (MGH), der laufende Volumenzuwachs je Jahr und ha (LZV) und der laufende Grundflächenzuwachs (LZG) für die Beobachtungsperiode 1969 H bis 1974 H. Die Tabellen 1 bis 3 enthalten somit alle grundlegenden Prüfgrößen, mittels derer die ertragskundliche Beurteilung des Düngungserfolges durchgeführt werden kann.

5. ZUWACHSVERGLEICH

5.1. DÜNGUNGSFORM

Wie bereits in Abschnitt 2 erwähnt, wurde neben dem "Spezialdünger 20/10/10" (im folgenden kurz "NPK" genannt) auf kleiner Fläche ein reines Stickstoffdüngemittel in Form von Harnstoff (im folgenden kurz "N" genannt) ausgebracht. Im Bereiche dieses kleinen Areals mit Sonderdüngungsform traten infolge starker Abdrift und möglicherweise nicht ganz exakt eingehaltener Flugrichtung Überschneidungen der NPK - und N-Form auf. Zum Zwecke der weiteren Auswertung wurden folgende "Düngungsformen" ausgeschieden:

Düngemittel	Düngungsform
NPK rein	1
N rein	2
NPK und N gemischt	3

Die Düngungsform wurde während der Düngungsaktion in allen Grenzbereichen



Abbildung 7: Auf den ertragskundlichen Probeflächen waren senkrecht zur Flugrichtung je 4 mit Gaze bespannte Holzgerüste zum Auffangen des Düngemittels aufgestellt, die Menge wurde gewogen.

visuell angesprochen und protokolliert. Die Zuordnung der Probekreise zur Düngungsform ist aus Tabelle 4, ihre Lage aus Abb. 1b zu ersehen.

5.2. DÜNGUNGSKLASSE

Unter "Düngungsklasse" wird hier die Zuordnung eines Probekreises zu den Kategorien "nicht gedüngt", "schwach gedüngt" bzw. "voll gedüngt" verstanden.

Die tatsächlich ausgebrachte Düngemittelmenge je Probekreis konnte, da die Verteilung großflächig vom Flugzeug aus erfolgte, in keinem Falle exakt ermittelt werden. Es war jedoch eine stichprobenweise Bestimmung vorgesehen, anhand derer Schätzwerte für die ausgebrachte Menge je Flächeneinheit ermittelt werden sollten. In jenen Probekreisen, die nach der Planung innerhalb von Düngungsfeldern lagen, wurden zu diesem Zweck mit Gaze bespannte Holzgerüste in der Dimension 1 x 1 m horizontal aufgestellt (siehe dazu Abb. 7). Je Probekreis wurden dabei 4 derartige Vorrichtungen systematisch quer zur Flugrichtung angeordnet. Bei Durchführung der Düngungsaktion ergaben sich allerdings folgende Probleme:

Bei Regen, nach Regen und bei hoher Luftfeuchte konnten die "Fangvorrichtungen" nicht aufgestellt werden, da das Granulat infolge der Feuchtigkeit am Stoff haften blieb, die Vorrichtungen also nicht geleert, die Mengen nicht bestimmt werden konnten.

In einigen Fällen konnten die Vorrichtungen infolge weiter Anmarschwege nicht schnell genug umgesetzt werden, in

anderen Fällen wurden Düngemittel in Probekreisen festgestellt, die eigentlich als Kontrollflächen vorgesehen und daher nicht mit Fangvorrichtungen bestückt waren.

Aus den genannten Gründen wurde während der Düngungsaktion durch mehrere Beobachter eine visuelle Ansprache der ausgebrachten Düngemittelmengen

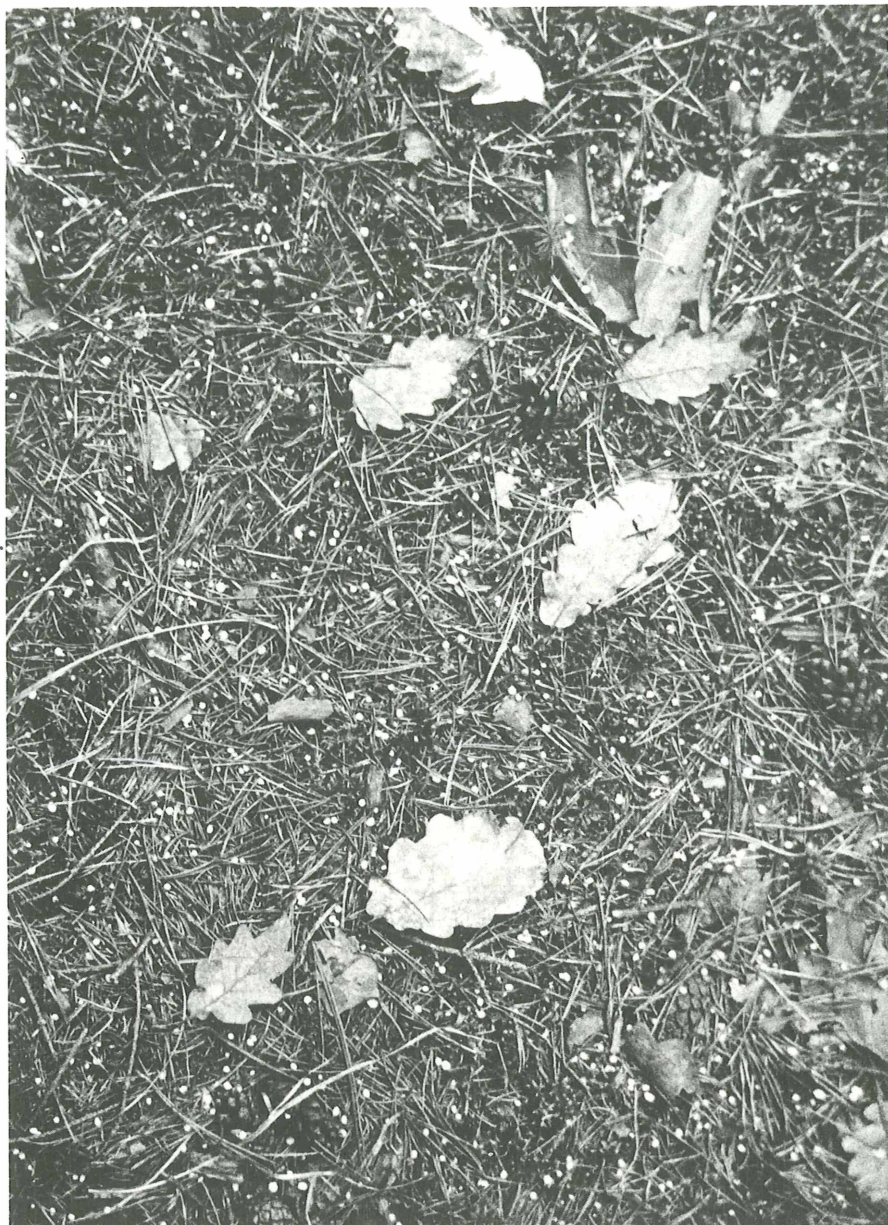


Abbildung 8: Bei sorgfältiger Vorbereitung und Organisation können granuliertete Düngemittel vom Flugzeug aus sehr gleichmäßig ausgebracht werden.

Tabelle 4: Hauptbaumart (HBA), Düngungsform (DF) und Düngungsklasse (DKL) für alle Probekreise (DFELD Düngungsfeld, M = Mittelwert der Fangmenge aus je 4 Proben, S = Streuung, %Sol1 M in % der Sollmenge, $\Delta N\%$ = Änderung des mittleren Stickstoffgehaltes der Nadelproben von 1969 auf 1970, weitere Erläuterungen im Text)

Probe	HBA	DFELD	DF	M gr/m ²	S gr/m ²	%Sol1	visuelle Ansprache	$\Delta N\%$	DKL
1	Fi						nichts	-0,08	0
2	Fi	G	NPK				gedüngt	0,37	2
3	Fi	G	NPK	44,7	18,8	45	-	0,15	2
4	Fi	G	NPK				gedüngt	0,26	2
5	Fi						nichts	-0,09	0
6	Fi						nichts	-0,08	0
7	Fi	G	NPK				gedüngt	1,13	2
8	Fi	G	NPK	83,7	20,9	84	-	0,33	2
9	Fi						nichts	0,06	0
10	Fi	G	NPK				gedüngt	0,46	2
11	Fi	G	NPK	63,1	39,1	63	-	0,33	2
12	Fi	G	NPK				gedüngt	0,17	2
13	Fi						ungedüngt	-0,03	0
14	Fi	F	NPK	69,0	39,1	69	-	0,16	2
15	Fi						einzelne Körner	-0,01	0
16	Fi						nichts	-0,02	0
17	Fi	F	NPK	49,2	35,5	49	gedüngt	0,09	1
18	Fi	F	NPK	61,4	26,9	61	-	0,48	2
19	Fi						nichts	-0,03	0
20	Fi		NPK				gedüngt	0,17	2
21	Fi						schwach gedüngt	0,22	2
22	Fi		NPK	82,2	38,1	82	-	1,05	2
23	Fi	E1	N+NPK	67,5	49,2	68		0,32	2
24	Fi	E2	N+NPK	3,7	6,2	4		0,01	1
25	Fi	E2	N	16,7	10,9	17	sehr schwach gedüngt	0,00	0
26	Fi	E1	NPK(+N)	43,2	31,9	43	sehr schwach gedüngt	0,23	2
27	Fi							-0,06	0

Tabelle 4: Fortsetzung

Probe	HBA	DFELD	DF	M gr/m ²	S gr/m ²	%Sol1	visuelle Ansprache	Δ N%	DKL
28	Fi	D	NPK	41,5	17,8	42		0,38	2
29	Fi	D	NPK	6,2	6,2	6	schwach gedüngt	0,16	1
30	Kie		NPK				gedüngt	-	1
31	Kie	H	NPK				-	-	2
32	Fi	D	NPK	21,9	25,2	22		0,29	2
33	Fi	D	NPK	64,9	37,6	65		0,34	2
34	Fi	C	NPK	22,5	12,5	23		-0,01	1
35	Fi	C	NPK	32,5	20,1	33		-0,03	1
36	Fi	H	NPK				gedüngt	0,29	2
37	Fi	(H)	NPK				sehr schwach gedüngt	-0,07	0
38	Fi	C	NPK	20,4	29,2	20		0,00	1
39	Fi	C	NPK	88,7	21,7	89		0,60	2
40	Fi	C	NPK	43,5	61,3	44		0,24	2
41	Kie	C	NPK	50,2	15,8	50		-	2
42	Fi	C	NPK	107,3	68,7	107		-	2
43	Fi		NPK					0,20	2
44	Fi	B	NPK	29,4	8,8	29		-0,09	0
45	Fi	B	NPK					0,24	2
46	Kie	A	NPK				-	0,35	2
47	Fi	A	NPK				gedüngt	-	2
48	Fi	A	NPK				gedüngt	0,22	2
49	Fi	A	NPK	21,2	5,9	21		-0,05	1
50	Fi	A	NPK	58,0	24,2	58		0,25	2
51	Kie	A	NPK	135,5	40,9	136		0,26	2
52	Fi	A	NPK					-	2
53	Fi	B	NPK	123,8	45,9	124	schwach gedüngt	0,17	1
54	Fi			0		0	-	0,45	2
55	Fi						schwach gedüngt	-0,06	0
56	Fi	B	NPK	119,4	36,7	119	nichts	0,03	0
57	Kie	B	NPK				-	0,78	2
							gedüngt		2

Tabelle 4: Fortsetzung

Probe	HBA	DFELD	DF	M ₂ gr/m ²	S gr/m ²	%Sol1	visuelle Ansprache	Δ N%	DKL
58	Kie						ungedüngt	-	0
59	Fi						nichts	0,02	0
60	Fi						nichts	0,09	0
61	Kie						nichts	-	0
62	Kie						sehr schwach gedüngt		1
63	Kie						nichts		0
64	Fi						nichts		0
65	Fi	C	NPK	21,7	7,2	22	-		1
66	Kie	C	NPK	124,1	125,14	124			2
67	Fi						schwach gedüngt		1
68	Fi	E1	NPK				voll gedüngt		2
69	Fi	F	NPK				-		2
70	Fi						nicht gedüngt		0
71	Fi	E2	N	19,4	34,4	19	-		1
72	Fi	E2	N						1
73	Fi	E2	N+NPK	39,5	44,8	40			2
74	Fi	E1	N+NPK	21,7	15,1	22	-		1
75	Fi						nichts		0
76	Fi	B	NPK	91,8	80,6	92	-		2
77	Kie						nichts		0
78	Fi						nichts		0
79	Kie						nichts		0
80	Fi						nichts		0
81	Fi						nichts		0
82	Fi						nichts		0

vorgenommen, die wie folgt protokolliert wurde:

ungedüngt,
einzelne Körner,
schwach gedüngt,
gedüngt.

In einigen Fällen wurde angemerkt, ob nur Teile eines Probekreises von Düngemittel bedeckt waren. Abb. 8 soll den Eindruck "normal" gedüngter Proben vermitteln und zugleich verdeutlichen, wie gleichmäßig das granulierten Düngemittel im Normalfall verteilt war. In Tabelle 4 sind die Düngemittelmenge in Gramm/m^2 (Mittelwert des Gewichtes des von Nadeln und sonstigen Verunreinigungen befreiten Düngemittels aus je 4 Proben), die Standardabweichung, die Relation der "Ist-Menge" zur theoretischen "Soll-Menge" und die zusätzlich protokollierte visuelle Ansprache wiedergegeben. Weiterhin sind in dieser Tabelle der Nadel-Stickstoffgehalt vor der Düngung und die Erhöhung des Stickstoffgehaltes von 1969 auf 1970 wiedergegeben (Mittelwert aus je 2 Nadelanalysebäumen je Probekreis). Allerdings lagen Nadelanalysen für das Jahr 1969 nur für die Fichten-Probekreise 1-60 vor.

Die Zuordnung jeder Probefläche zu einer der drei Düngungsklassen (0 ungedüngt, 1 schwach gedüngt, 2 = gedüngt) erfolgte einerseits nach den Ergebnissen der Probenahme und der visuellen Ansprache, andererseits nach den Ergebnissen der Nadelanalysen. Soweit durch Messung und Schätzung belegt war, daß ein Probekreis mit Sicherheit kein Düngemittel erhalten hatte, wurde er jedenfalls der Klasse 0 zugewiesen. Die Änderung des Nadelstickstoffgehaltes von 1969 auf 1970 war für diese Proben im Durchschnitt gering negativ d.h. die Stickstoffgehalte nahmen im Durchschnitt ab, im Höchstfall wurde eine Zunahme um 0,11% festgestellt. Die übrigen Proben wurden entweder der Düngungsklasse 1 oder 2 zugeordnet. Als Schwellenwert für die Grenze zwischen Klasse 1 und 2 wurde - möglicherweise etwas willkürlich - der Stickstoffsteigerungswert von 0,20% als Mittel zweier Probebäume angenommen. Nur in zwei Fällen ergab sich eine Diskrepanz zwischen visueller Ansprache und Stickstoffsteigerung: Fläche 17 wies nur eine Steigerungsrate von 0,09%, Fläche 48 eine Abnahme von

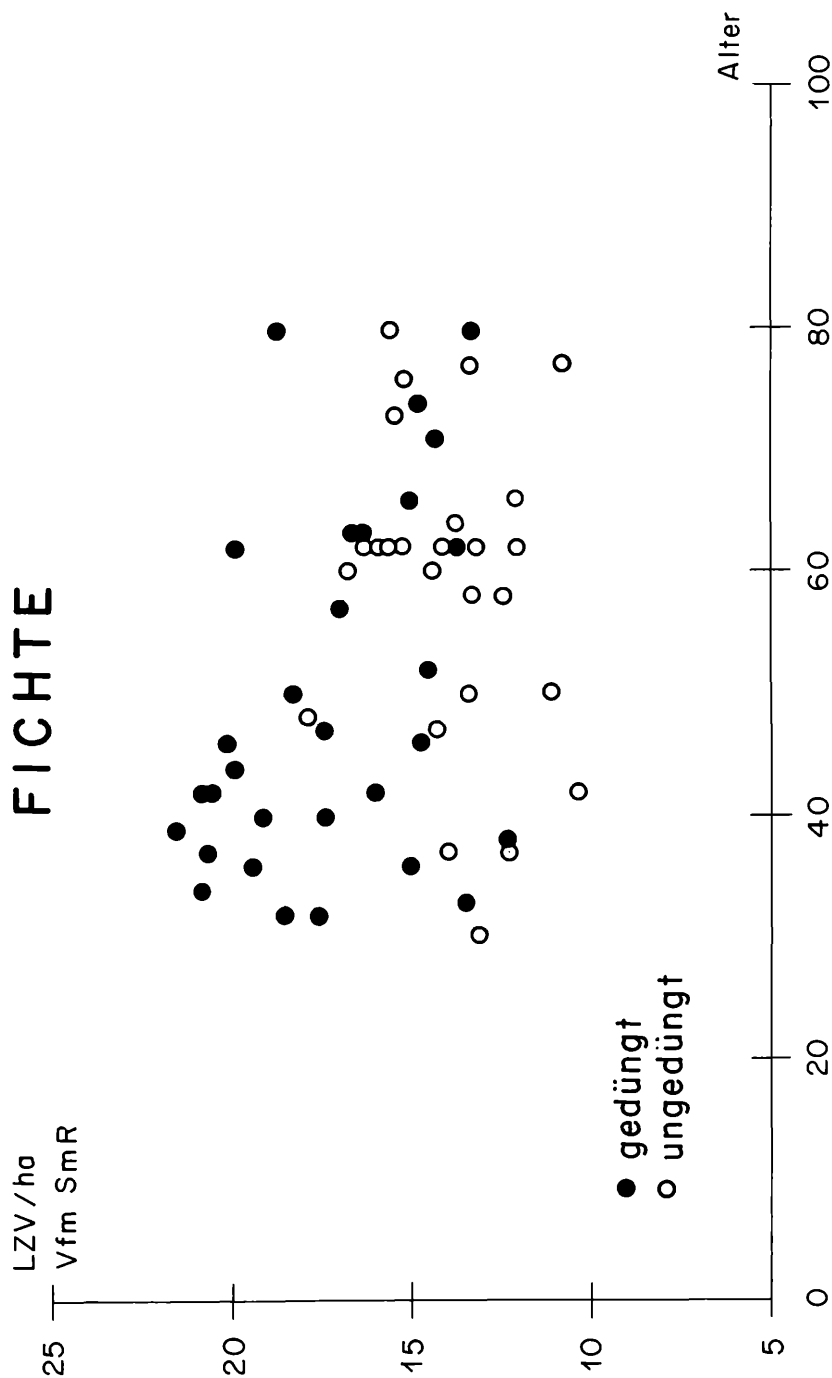


Abbildung 9: Laufender Volumenzuwachs je Jahr und Hektar (LZV/ha) der Periode 1969 Herbst bis 1974 Herbst der mit NPK-Spezialmischung gedüngten Fichtenprobeflächen (ohne "Ausreißer") über dem durchschnittlichen Alter der Probefläche im Jahre 1969 Herbst in Vorratsfester Schaftholz mit Rinde.

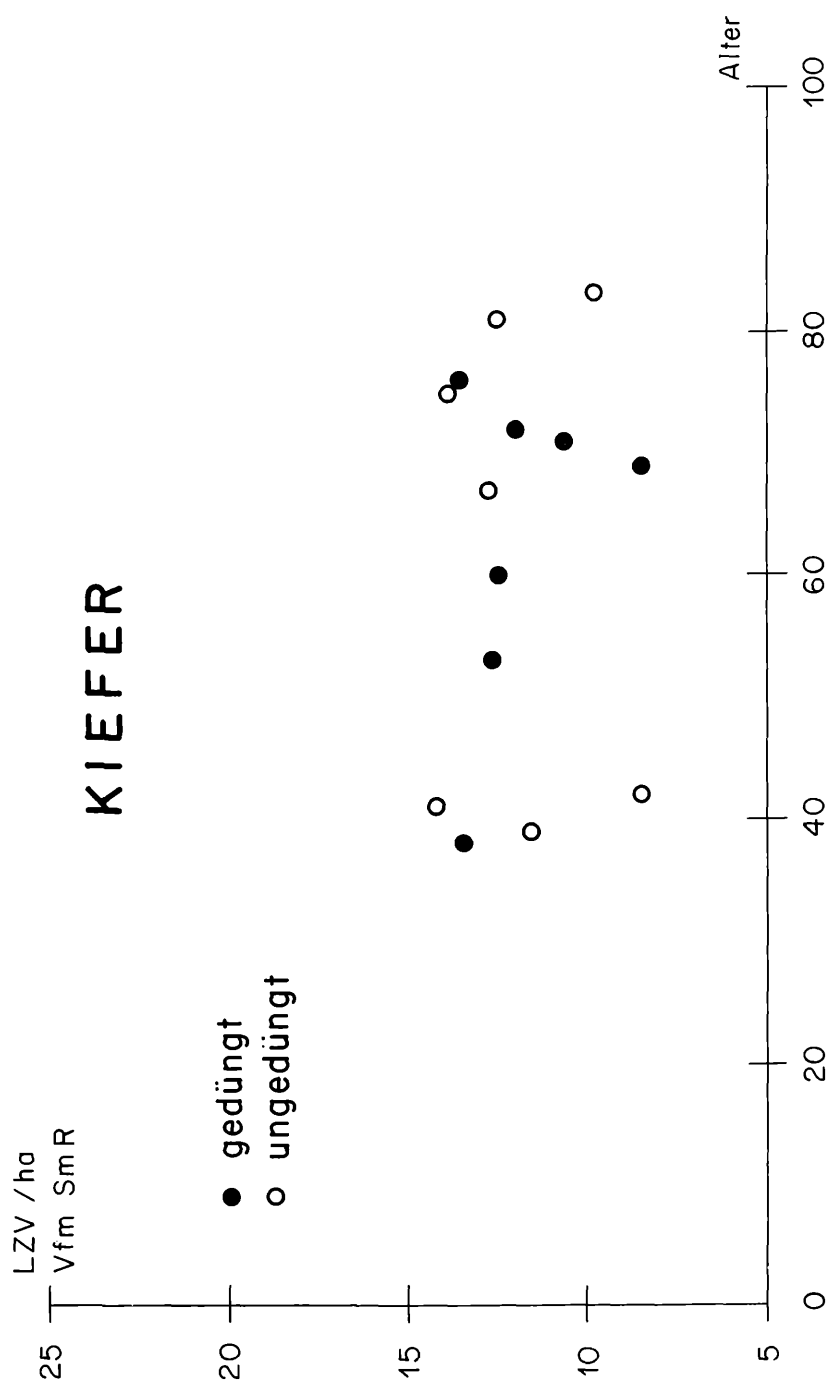


Abbildung 10: Laufender Volumenzuwachs je Jahr und Hektar (LZV/ha) der Periode 1969 Herbst bis 1974 Herbst der mit NPK-Spezialmischung gedüngten Kiefernprobeflächen über dem durchschnittlichen Alter der Probefläche im Jahre 1969 Herbst.

0,05% auf, obwohl beide als "gedüngt" angesprochen worden waren. Beide Proben wurden der Klasse 1 schwach gedüngt zugeordnet. Für diejenigen Proben, für die keine Nadelstickstoffbestimmung aus dem Jahre 1969 vorlag, war entweder mit Sicherheit bekannt, daß sie außerhalb des Düngungsgebietes lagen, oder aber es lagen Meß- bzw. Schätzwerte für eine eindeutige Zuordnung zur entsprechenden Düngungsklasse vor.

5.3. DIE HETEROGENITÄT DER PROBEN NACH HAUPTBAUMART, DÜNGUNGSFORM UND BESTANDESKENNWERTEN

Anders als im klassischen Parzellenversuch mit mehr oder weniger gleichaltrigen und homogenen Reinbeständen, kann in konkreten Betriebsklassen mit verschiedenen Baumartenmischungen, Altersklassen, Bestockungsgraden und Bonitäten ein direkter Vergleich der gedüngten mit ungedüngten Proben nicht angestellt werden. Es liegt nahe, für die weitere Auswertung die Probekreise einerseits nach der Hauptbaumart, andererseits nach der Düngungsform (nämlich NPK rein oder Harnstoff bzw. Mischung beider Formen) zu stratifizieren. Da von der Düngungsform Harnstoff bzw. Harnstoff + NPK lediglich 8 Probekreise vorliegen, muß für diese von einer weiteren Auswertung abgesehen werden.

Ordnet man die berechneten Volumenzuwächse ($V_{fmSmR}/ha/J$) über dem Alter, so ergeben sich die in den Abb. 9 (Fichte) und 10 (Kiefer) dargestellten Bilder. Keiner der beiden Punkteschwärme läßt insgesamt einen deutlichen Trend erkennen. Betrachtet man hingegen nur die Fichtenproben der Düngungsklasse 2 (gedüngt), so ist ein deutlich abfallender Trend von Zuwächsen um 20 V_{fm} bei etwa 40 Jahren zu ca. 15 V_{fm} bei etwa 70-80 Jahren zu erkennen, während die ungedüngten Proben unabhängig vom Alter etwa 10-15 $V_{fmSmR}/ha/J$ Zuwachs aufweisen. Bei Proben mit der Hauptbaumart Kiefer ist auch dieser Trend nicht zu erkennen.

Ordnet man hingegen die Zuwächse über der Grundfläche je ha zu Beginn des Versuches (Abb. 11 und 12), so ist ein leicht ansteigender Trend mit zunehmender Ausgangsgrundfläche zu erkennen. Bei Proben mit der Fichte

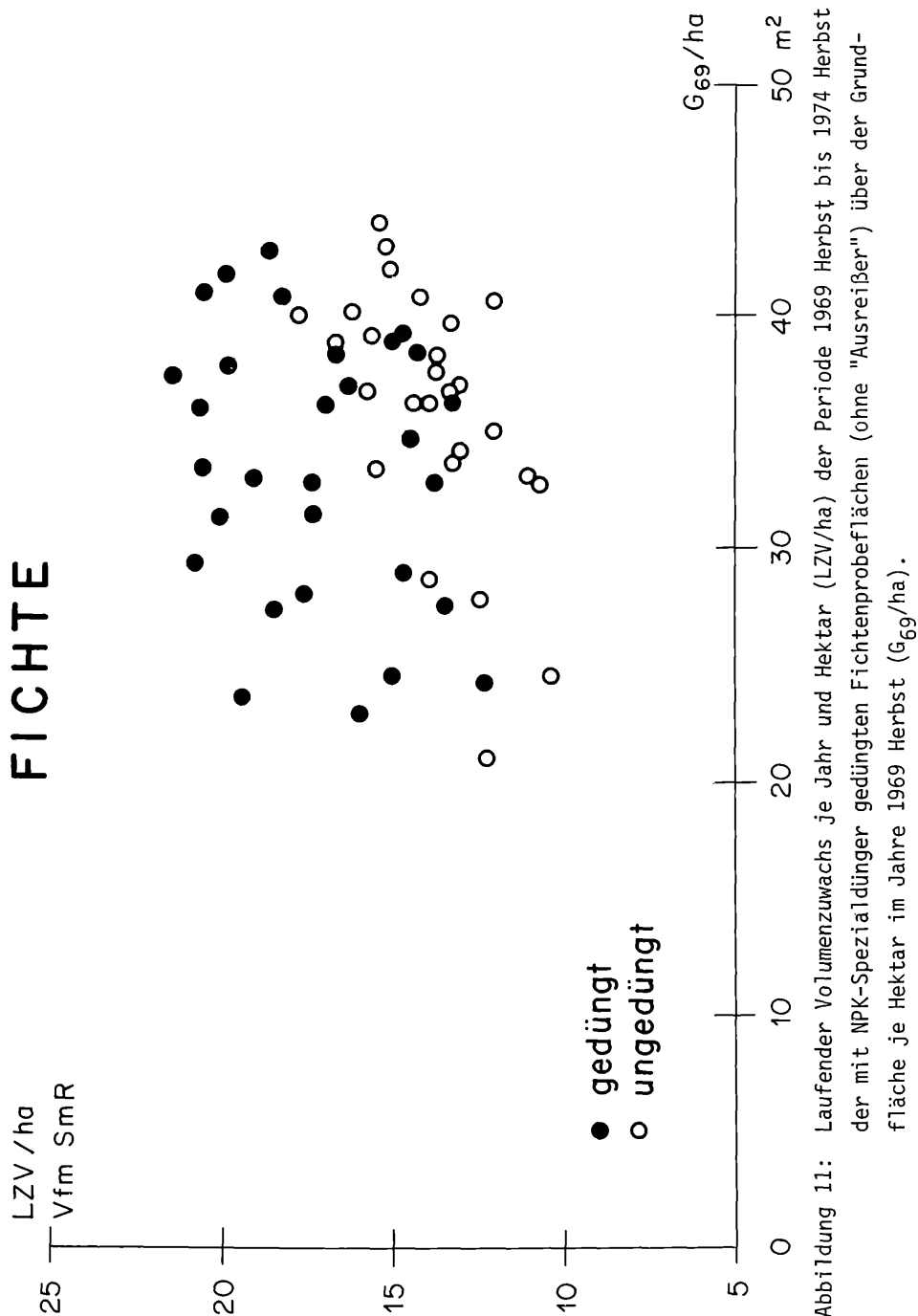


Abbildung 11: Laufender Volumenzuwachs je Jahr und Hektar (LZV/ha) der Periode 1969 Herbst bis 1974 Herbst der mit NPK-Spezialdünger gedüngten Fichtenprobestflächen (ohne "Ausreißer") über der Grundfläche je Hektar im Jahre 1969 Herbst (G₆₉/ha).

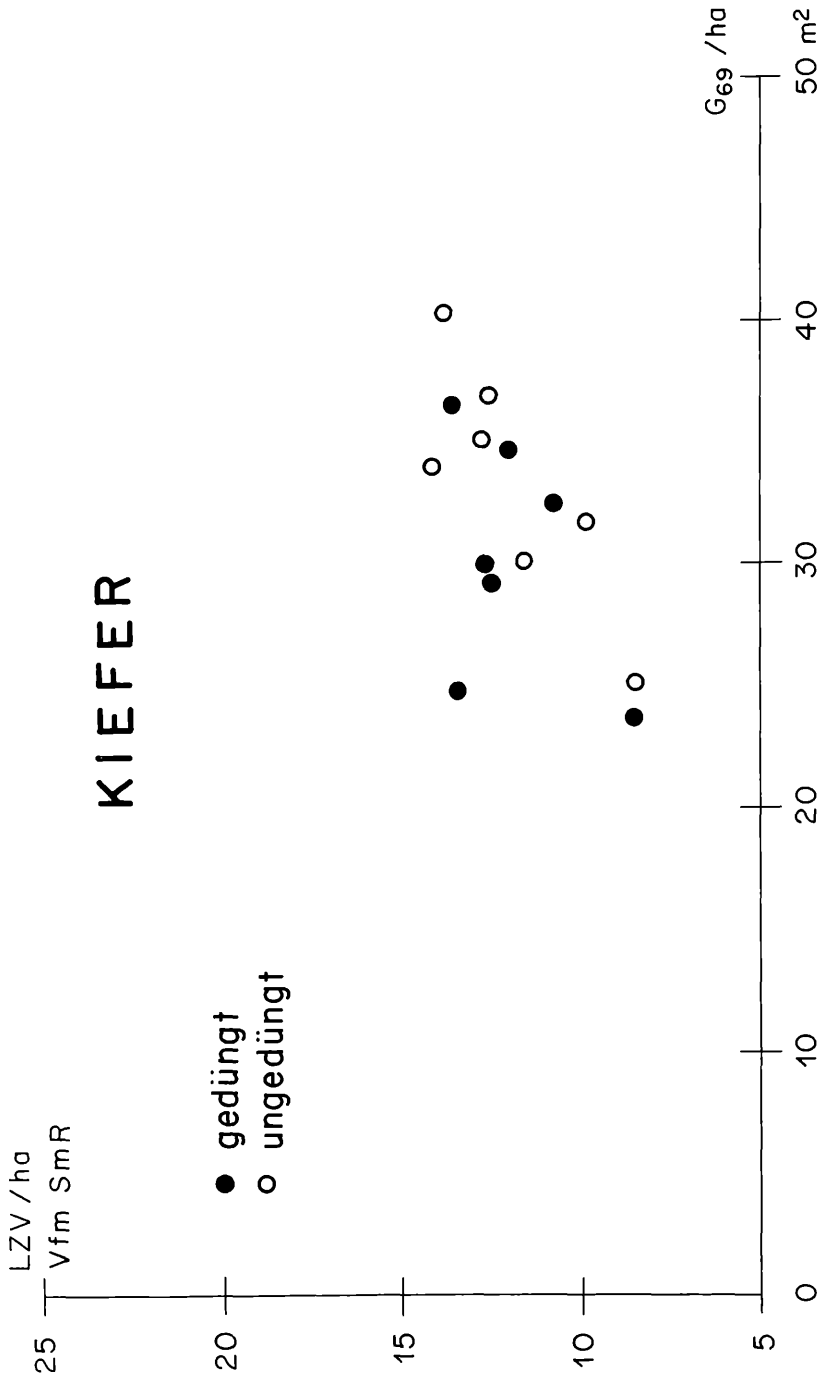


Abbildung 12: Laufender Volumenzuwachs je Jahr und Hektar (LZV/ha) der Periode 1969 Herbst bis 1974 Herbst der mit NPK-Spezialdünger gedüngten Kiefernprobenflächen über der Grundfläche je Hektar im Jahre 1969 Herbst (G_{69}/ha).

als Hauptbaumart ist schon aus dieser einfachen Darstellung deutlich zu entnehmen, daß auf gedüngten Probekreisen bei gleicher Ausgangsgrundfläche eindeutig höhere Zuwächse auftraten. Auch bei den Kiefernprobeflächen ist dieser Trend für Grundflächen unter etwa 30 qm zu erkennen.

Die vorstehenden kurzen Hinweise und die Abbildungen sollten auch dem statistisch wenig versierten Leser vor Augen führen, daß der hier zu untersuchende Zuwachs (Prüfvariable) von Ertragselementen mitbestimmt wird, welche unabhängig von der Düngung wirksam sind. Anders gesagt: Die insgesamt recht erhebliche Streuung der Zuwachswerte kann zu einem gewissen Teil als Wirkung der Düngung, zu einem anderen Teil aber aus der Wirkung bereits vor der Düngung vorhandener zuwachsbeeinflussender Ertragselemente erklärt werden.

Ein darüber hinaus verbleibender, nicht weiter zu erklärender Rest wird normalerweise als Fehlervarianz bezeichnet. Es ist der Zweck der im folgenden beschriebenen Berechnungen, den Einfluß verschiedener in Betracht gezogener Variabler auf den Zuwachs zunächst zu eliminieren, um sodann die "bereinigten" oder "angepaßten" Zuwächse (gedüngt gegen ungedüngt) miteinander vergleichen zu können. Das biometrische Verfahren der "Kovarianzanalyse" ermöglicht es Zusammenhänge zwischen einer abhängigen Variablen (in unserem Falle "Volumenzuwächse") und bestimmten unabhängigen Variablen (im obigen Fall "Alter" und "Ausgangsgrundfläche") aufzudecken, mittels Regressionsrechnung zu beschreiben und die Straffheit des Zusammenhanges zu beurteilen. Stellt sich bei dieser Analyse heraus, daß neben der zu prüfenden Wirkung der Düngung andere, den Volumenzuwachs wesentlich variierende Faktoren beteiligt sind, so kann deren Wirkung rechnerisch eliminiert werden, um den "reinen" Düngungseffekt beurteilen zu können (FRANZ, 1965). Statistisch gesehen ist "das wichtigste Ziel der Kovarianzanalyse eine Verringerung der Fehlerstreuung in der Varianzanalyse" (v. LAAR, 1979). Vom Standpunkt der Interpretation von Düngungsversuchen aus gesehen, liegt der wesentliche Vorteil in einer Erweiterung des Gültigkeitsbereiches der Aussage, die Ergebnisse können verallgemeinert werden, insgesamt ist ein beachtlicher Informationsgewinn zu erwarten (THOMASIUS, 1963). Auf die gleiche Tatsache weisen auch STERBA und KRAPPEN-

BAUER (1973) hin. Ihrem Beispiel folgend soll auch an dieser Stelle klar-
gestellt werden, daß es sich bei der Kovarianzanalyse keinesfalls darum
handelt, einen möglicherweise geringen Düngungserfolg rechnerisch "zu ver-
größern" Vielmehr geht es ausschließlich um die von nicht gefragten Ein-
flüssen bereinigte und somit "richtige" Erfassung des Düngungseffektes.

Die umfangreichen Berechnungen wurden ursprünglich im Rechenzentrum der
FBVA (IBM 1130), später im Land- und Forstwirtschaftlichen Rechenzentrum
(LFRZ, Siemens, BS 2000) durchgeführt. Herrn Prof. Dr. S t e r b a sei
auch an dieser Stelle gebührend für die Überlassung eines von ihm erstell-
ten Rechenprogrammes für die Kovarianzanalyse gedankt. Meinem Kollegen K.
S c h i e l e r danke ich für die angenehme und jederzeit problemlos
funktionierende Zusammenarbeit bei der Adaption des Programmes für den
Dialogbetrieb.

5.4. DER EINFLUSS DER AUSGANGSSITUATION AUF DEN VOLUMEN- ZUWACHS

Als konkomittante Variable (v. LAAR, 1979) bzw. als kovariante Größen
(FRANZ, 1965) wurden untersucht (alles bezogen auf den Versuchsbeginn
1969 H):

Variable	Symbol
Alter	A
Grundfläche je ha	G
Ertragsklasse	E
Bestockungsgrad	B
Oberhöhe (HO_{100})	H
Stammzahl je ha	N

Als abhängige Variable (Prüfgröße) ging der laufende Volumenzuwachs je
Jahr und ha in VfmSmR der Periode 1969 H bis 1974 H (LZV) und der analoge
laufende Grundflächenzuwachs in die Berechnung ein. (Berechnungsergeb-
nisse für den laufenden Grundflächenzuwachs werden an dieser Stelle nicht
bekanntgegeben, da sie der Tendenz nach weitgehend denen des Volumenzu-

Tabelle 5: Die Gesamtstreuung des laufenden jährlichen Volumenzuwachses ($s = \pm 2,35$ Vfm S/ha) kann durch Einbeziehung konkomittenter Variabler (A,G,E,B,N,H) reduziert werden.

$SRED_{gem}$ = reduzierte Reststreuung bei Verwendung einer gemeinsamen Regression.

$SRED_{einz}$ reduzierte Reststreuung bei Verwendung der Einzelregression

α = Sicherheitswahrscheinlichkeit für den Unterschied zwischen den Regressionskoeffizienten.

Fichtenprobestflächen, N = 57

Variable(nkombination)	$SRED_{gem}$	α	$SRED_{einz}$
A	2,316	0,040	2,250
A, G	1,931	0,003	1,750
A, E	2,329	0,080	-
A, B	2,145	0,060	-
A, C, E	1,946	0,010	1,769
A, G, B	1,948	0,010	1,765
A, E, B	1,967	0,020	1,840
A, G, E, B	1,963	0,020	1,802
G	2,190	0,610	-
G, E	2,210	0,710	-
G, B	2,071	0,120	-
G, E, B	1,964	0,030	1,850
E	2,344	0,800	-
E, B	1,949	0,130	-
B	2,125	0,140	-
A, H, N, G	1,902	0,009	1,720
H	2,341	0,080	-
N	2,234	0,020	2,140
A, H	2,332	0,130	-
H, N	2,004	0,050	-
A, N	2,237	0,040	-
N, G	1,966	0,007	1,820
H, G	2,057	0,020	1,940
A, N, G	1,930	0,006	1,750
A, H, G	1,949	0,009	1,790
A, H, N	2,000	0,020	1,870

wachses entsprechen. Ihre Berechnung hatte den Zweck, die Befunde und Aussagen für den Volumenzuwachs zu verifizieren.)

Datengrundlage waren zwei Teilkollektive der insgesamt 82 Probeflächen: Einerseits wurden 57 Probekreise mit der Fichte als Hauptbaumart analysiert, andererseits 14 Proben mit der Hauptbaumart Kiefer, beide für die Düngungsform NPK. Wie bereits erwähnt, konnten die 8 Proben mit N- oder gemischter N- und NPK-Behandlung wegen des geringen Stichprobenumfanges nicht weiter ausgewertet werden.

3 Fichtenprobekreise der Düngungsform NPK wurden als "Ausreißerwerte" ausgeschieden. Die Probekreise 54, 55 und 75, in enger Nachbarschaft zueinander im u n g e d ü n g t e n Bereich gelegen, weisen - ohne aus den untersuchten Kennwerten nachweisbare Ursachen - e x t r e m h o h e Zuwachswerte auf, die vom Trend des übrigen Datenfeldes in signifikanter Weise abweichen. Da es sich um drei benachbarte Flächen handelt, die nach Alter, Bonität, Bestockungsgrad und Grundfläche je ha keine erkennbaren Abweichungen vom Hauptkollektiv zeigen, muß vermutet werden, daß es sich hier um eine standörtlich begünstigte Sonderform handelt (Unterhang, leichter Grabeneinhang), die im Hauptkollektiv nicht (bzw. unter-) repräsentiert ist. Sollte es sich dagegen um bisher nicht aufdeckbare Meßfehler handeln, so ist mit einer Korrektur bei der Berechnung der Folgeaufnahmen zu rechnen.

Multiple Kovarianzanalysen wurden für die genannten konkomittanten Variablen entweder allein oder in Kombination bis zu 4 Variablen gerechnet. Die wichtigsten dieser Kombinationen sind in Tabelle 5 für die Hauptbaumart Fichte zusammengestellt. Weiterhin sind hier die reduzierten Reststreuungen bei Einbeziehung der verschiedenen Variablen-Kombinationen in die Regressionsrechnung angegeben. Die Gesamtstreuung des Volumenzuwachses (2.35 VfmSmR/ha 15% vom gemeinsamen Mittelwert) kann einerseits durch Zugrundelegen einer "gemeinsamen" Regression (v. LAAR, 1979), andererseits nach Reduktion mittels "Einzelregressionen" (s.u.) reduziert werden. Die "gemeinsame" Regression ist in jenen Fällen zu verwenden, in denen nachgewiesen werden kann, daß die Regressionskoeffizienten keine signifikanten Unterschiede aufweisen bzw. die Regressionsgeraden zueinander parallel verlaufen. Kann hingegen nachgewiesen werden, daß sich die Regressionskoeffizienten der verschiedenen Düngungsvarianten signifikant voneinander unterscheiden, so kann mit diesen "Einzelregressionen" wei-

Tabelle 6: a) Varianzanalyse für den Unterschied zwischen den Regressionskoeffizienten der Gleichung $LZV = E(A, G)$ von Proben der Düngungsklasse 0 (ungedüngt) gegen 1 (schwach gedüngt).
Fichtenprobestflächen, N 57, $F_{0,05}(2,21)$ 3,467.

Varianzursache	SQ	FG	MQ	F	Signifikanzniveau
Einzelregressionen	7,233	2	3,617	1,5	
Um die Einzelregressionen	49,170	21	2,342		
Um die mittlere Regression	56,410	23			

b) Varianzanalyse für den Unterschied zwischen den Mittelwerten des Volumenzuwachses von Proben der Düngungsklasse 0 (ungedüngt) gegen 1 (schwach gedüngt) vor der Anpassung über Ausgangsalter und Ausgangsgrundfläche.
Fichtenprobestflächen, N 57, $F_{0,05}(1,25)$ 4,242.

Varianzursache	SQ	FG	MQ	F	Signifikanzniveau
Düngung	4,565	1	4,565	1,34	
Rest	84,920	25	3,397		
Insgesamt	89,490	26			

Tabelle 7: Varianzanalyse für den Unterschied zwischen den Regressionskoeffizienten der Gleichung $LZV = E(A, G)$ von ungedüngten (DKL = 0 und 1) gegen gedüngte (DKL = 2) Proben nach Anpassung über die konkomittanten Variablen Ausgangsalter und Ausgangsgrundfläche.
Fichtenprobestflächen, N 57, $F_{0,01}(2,40)$ 5,179.

Varianzursache	SQ	FG	MQ	F	Signifikanzniveau
Einzelregressionen	40,96	2	20,48	6,7	+ +
Um die Einzelregressionen	156,50	51	3,07		
Um die gemeinsame Regression	197,50	53			

tergerechnet werden. In der Tabelle ist daher auch die Sicherheitswahrscheinlichkeit α dafür angegeben, daß sich die Einzelregressionen signifikant von einander unterscheiden.

Die reduzierte Reststreuung kann in diesem Zusammenhang als Maß dafür angesehen werden, wie weit es durch Einbeziehung der entsprechenden Variablen gelingt, die Gesamtvariabilität des Volumenzuwachses zu erklären. Die stärkste Reduktion der Reststreuung (1,72 Vfm bzw. 11% des Mittelwertes) wird durch die Variablenkombination Alter, Oberhöhe, Stammzahl, Grundfläche erreicht. Ähnliche Werte weist die Tabelle für die Kombination Alter, Stammzahl und Grundfläche sowie Alter und Grundfläche allein aus. Es wird deutlich, daß die Hinzunahme von Oberhöhe und Stammzahl nur noch eine geringfügige Verbesserung gegenüber der Variablenkombination Alter und Grundfläche bewirkt. Die Regressionskoeffizienten für die Variablenkombinationen A/H/N/G bzw. A/N/G können nur für das Alter und die Grundfläche der gedüngten Parzellen als gesichert verschieden von 0 angesehen werden. Bei der im folgenden beschriebenen Kovarianzanalyse wurden aus diesem Grunde nur Alter und Grundfläche als konkomittante Variable verwendet.

Für die 14 Kiefernproben wurden analoge Vergleiche angestellt, auch hier läßt sich nachweisen, daß Alter und Grundfläche diejenigen kovariablen Größen sind, die den Großteil der überhaupt erklärbaren Restvarianz zu erklären vermögen. Es sind dies die gleichen Variablen, die auch von FRANZ und BIERSTEDT (1975) bei der Signifikanzprüfung des Düngungseffektes einer großflächigen Düngung vom Flugzeug aus verwendet wurden.

In einem nächsten Auswertungsschritt wurde für die Fichtenproben und die Variablenkombination Alter und Grundfläche geprüft, ob sich die ungedüngten Proben signifikant von den schwach gedüngten Proben (Düngungsklasse 1) unterscheiden. Die entsprechenden Varianzanalysen sind in der Tabelle 6 angeführt. Nach Varianzanalyse a) besteht zwischen den Regressionskoeffizienten der Einzelregressionen ungedüngter und schwach gedüngter Proben kein gesicherter Unterschied (siehe dazu LINDER, 1964). Nach Varianzanalyse b) der Tabelle 6 besteht weiterhin zwischen den Mittel-

Tabelle 8: Varianz- und Kovarianzanalyse für den Unterschied des laufenden jährlichen Volumenzuwachses (Periode 1969 - 1974) gedüngter und ungedüngter Probeflächen. Konkommittante Variable: Alter (A) und Grundfläche (G) je ha 1969H. Fichtenprobeflächen, N 57, F_{0,001}(3,40) 6,172.

Streuungsursache	FG ₁	SQ _{yy}	SQ _{cov}	SQ _{var}	FG ₂	MQ	F	Signifikanz-niveau
Zwischen den Düngungsvarianten	1	156,2						
Innerhalb der Düngungsvarianten ("Einzelregressionen")	55	297,4	140,9	156,5	51	3,07	17,83	+++
Insgesamt ("Allgemeine Regression")	56	453,6	133,0	320,7	54			
				164,2	3	54,73		

Tabelle 9: Kennwerte der Regressionsgleichungen für den Zusammenhang zwischen laufenden jährlichen Volumenzuwachs, Alter (A) und Grundfläche (G) 1969H, Fichtenprobeflächen, N = 57.

Streuungsursache	Variable	Konstante	Koeffizient	T-Wert	Signifikanz-niveau
Zwischen den Düngungsvarianten					
ungedüngt	A	7,07201	-0,01466	-0,55	n s
	G		0,21440	3,43	++
gedüngt	A	12,34067	-0,16930	-5,18	+++
	G		0,39480	4,78	+++
Innerhalb der Düngungsvarianten "Gemeinsame Regression"	A		-0,09410	-4,06	+++
	G		0,28150	4,97	+++
Insgesamt "Allgemeine Regression"	A		-0,12770	-4,51	+++
	G		0,27630	3,87	+++

Tabelle 10: Mittelwerte der abhängigen Variablen (laufender jährlicher Zuwachs je Jahr und ha) und der konkomittanten Variablen (Alter und Grundfläche je ha 1969H) v o r u n d n a c h Anpassung über Einzelregressionen.
Fichtenprobestflächen, N = 57.

Düngungsvariante	Variable	unkorrigiert	angepasst
ungedüngt	Alter	58,74	53,89
	Grundfläche	36,05	34,81
	Volumenzuwachs	13,94	13,75
gedüngt	Alter	49,53	53,89
	Grundfläche	33,70	34,81
	Volumenzuwachs	17,26	16,97

Tabelle 11: Varianzanalyse für den Unterschied zwischen den Regressionskoeffizienten der Gleichung LZV E (A,G) von ungedüngten (DKL 0 und 1) gegen gedüngte (DKL 2) Proben nach Anpassung über die konkomittanten Variablen Ausgangsalter und Ausgangsgrundfläche.

Kiefernprobestflächen, N = 17, $F_{0,05}(2,8) = 4,459$

Varianzursache	SQ	FG	MQ	F	Signifikanzniveau
Einzelregressionen	7,079	2	3,5400	7,0	+
Um die Einzelregressionen	4,048	8	0,5059		
Um die gemeinsame Regression	11,130	10			

Tabelle 12: Varianz- und Kovarianzanalyse für den Unterschied des laufenden jährlichen Volumenzuwachses (Periode 1969 – 1974) gedüngter und ungedüngter Probestflächen. Konkommittante Variable: Alter (A) und Grundfläche (G) je ha 1969H, Kiefernprobestflächen, N 14, $F_{0,01}(3,8)$ 7,591.

Streuungsursache	FG ₁	SQ _{yy}	SQ _{cov}	SQ _{var}	FG ₂	MQ	F	Signifikanz-niveau
Zwischen den Düngungsvarianten	1	0,00002						
Innerhalb der Düngungsvarianten ("Einzelregressionen")	12	45,41	41,36	4,05	8	0,5059	8,78	++
Insgesamt ("Allgemeine Regression")	13	45,41	28,03	17,38	11			
				13,33	3	4,44		

Tabelle 13: Kennwerte der Regressionsgleichungen für den Zusammenhang zwischen laufenden jährlichen Volumenzuwachs, Alter (A) und Grundfläche (G) 1969H, Kiefernprobestflächen, N 14.

Streuungsursache	Variable	Konstante	Koeffizient	T-Wert	Signifikanz-niveau
Zwischen den Düngungsvarianten					
ungedüngt	A	-1,22842	-0,06555	-4,44	+
	G		0,51550	8,68	++
gedüngt	A	8,43891	-0,13990	-4,33	+
	G		0,40610	4,49	+
Innerhalb der Düngungsvarianten "Gemeinsame Regression"	A		-0,08266	-3,66	+
	G		0,43510	5,54	+++
Insgesamt "Allgemeine Regression"	A		-0,06700	-2,61	+
	G		0,35590	4,20	++

werten des Zuwachses kein gesicherter Unterschied ($F_{0,05}(1,25) = 4,242$; $F_{err} = 1,3$). Die "schwache" Düngung hatte demnach keinerlei biometrisch nachweisbare Wirkung auf Zuwachs. Ungedüngte und schwach gedüngte Proben können als ein Kollektiv angesehen werden und gehen in die weiteren Berechnungen als "ungedüngt" ein.

Von den Kiefernproben waren nur zwei als schwach gedüngt angesprochen worden, die im folgenden ohne weitere Prüfung den ungedüngten zugerechnet wurden. Für die Kovarianzanalysen und auch die Herleitung des Düngungserfolges stehen demnach zur Verfügung:

	ungedüngt	gedüngt	Summe
Fichtenproben	27	30	57
Kiefernproben	7	7	14
Summe	34	37	71

Die Tabellen 7 und 11 geben den ersten Teil der Kovarianzanalysen wieder. Die Anstiege der Regressionsgeraden für gedüngte und ungedüngte Proben bei Fichte und Kiefer sind mit einer Sicherheitswahrscheinlichkeit von $\alpha < 0,01$ (Fichte) bzw. $\alpha < 0,05$ (Kiefer) **n i c h t** parallel. Dieses wichtige Ergebnis kann dahingehend gedeutet werden, daß mit einem Düngungseffekt gerechnet werden muß, der proportional zu Alter und Grundfläche bei Versuchsbeginn ist. (Das Gegenteil dazu wäre ein konstanter Effekt, also gleicher Düngungserfolg bei jedem Alter und jeder Grundfläche, siehe dazu auch STERBA, 1970; KRAPPENBAUER, STERBA, GLATZEL und HAGER, 1977; THOMASIUS, 1963.) Auf die erheblichen Konsequenzen für die Auswertung des Versuches wird weiter unten noch eingegangen.

Die Tabellen 8 und 12 enthalten die Varianz- und Kovarianzanalysen für den Düngungseffekt, das heißt die Frage nach dem Bestehen eines Unterschiedes im Volumenzuwachs zwischen gedüngten und ungedüngten Probeflächen. Als kovariater Anteil an der Reststreuung wurde dabei die Summe der SO aus den Einzelregressionen (statt der SQ der gemeinsamen Regression) eingesetzt. Der Düngungseffekt ist demnach hoch signifikant gesichert nachzuweisen. Die absolute Größe dieses Effektes hängt - wie bereits er-

wähnt wurde - von Grundfläche und Alter zu Versuchsbeginn ab. Bezieht man um ein vorläufiges Bild über das Ausmaß dieses Erfolges zu erhalten - die Volumenzuwächse beider Düngungsvarianten auf gemeinsame Mittelwerte des Alters und der Grundfläche (siehe dazu Tabelle 10 und Tabelle 14), so ergibt sich folgendes Bild:

	Zuwachs ungedüngt		Zuwachs gedüngt	
	VfmS/ha	%	VfmS/ha	%
Fichtenproben	13,75	100	16,97	123
Kiefernproben	11,08	100	12,67	114

Tabelle 14: Mittelwerte der abhängigen Variablen (laufender jährlicher Zuwachs je Jahr und ha) und der konkomittanten Variablen (Alter und Grundfläche je ha 1969H) v o r u n d n a c h Anpassung über Einzelregressionen.
Kiefernprobeflächen, N = 14.

Düngungsvariante	Variable	unkorrigiert	angepasst
ungedüngt	Alter	61,14	61,93
	Grundfläche	33,30	31,75
	Volumenzuwachs	11,93	11,08
gedüngt	Alter	62,71	61,93
	Grundfläche	30,20	31,75
	Volumenzuwachs	11,93	12,67

In den Tabellen 9 und 13 sind die Kennwerte der verwendeten Regressionen wiedergegeben. Bei den Fichtenproben ist lediglich der Einfluß des Alters bei "ungedüngt" statistisch nicht abzusichern, alle anderen t-Werte der Regressionskoeffizienten liegen im signifikanten Bereich. Aus den Regressionskoeffizienten der Einzelregressionen können einige interessante Schlüsse gezogen werden: Das negative Vorzeichen beim Alter weist auf abnehmenden Zuwachs mit zunehmendem Alter hin. Dieser Trend ist bei

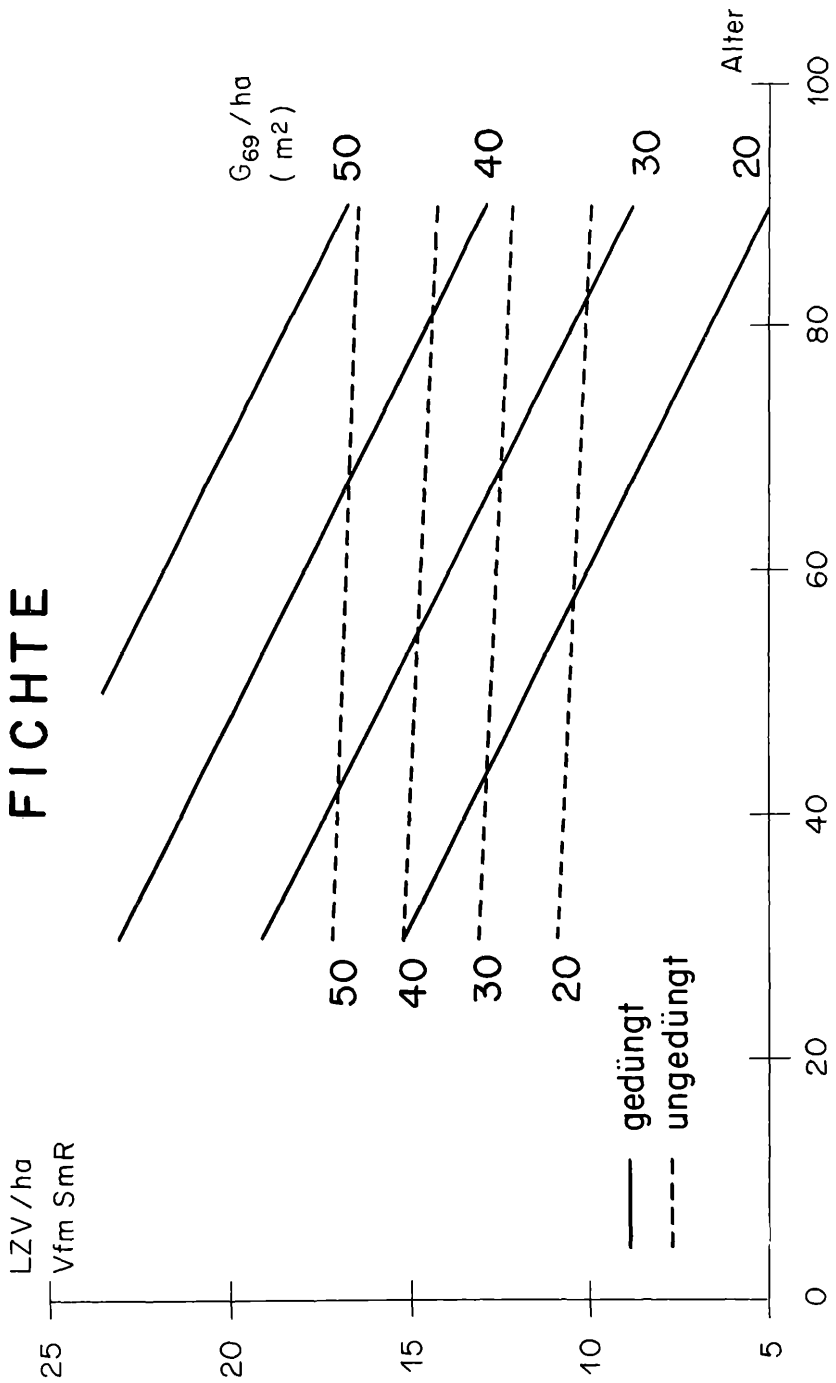


Abbildung 13: Regressionsgleichungen zur Schätzung des laufenden Volumenzuwachses je Jahr und Hektar für gedüngte und ungedüngte Fichtenbestände des Untersuchungsgebietes. Dargestellt über dem Bestandesalter vor der Düngung und für verschiedene Stufen der Ausgangsgrundfläche.

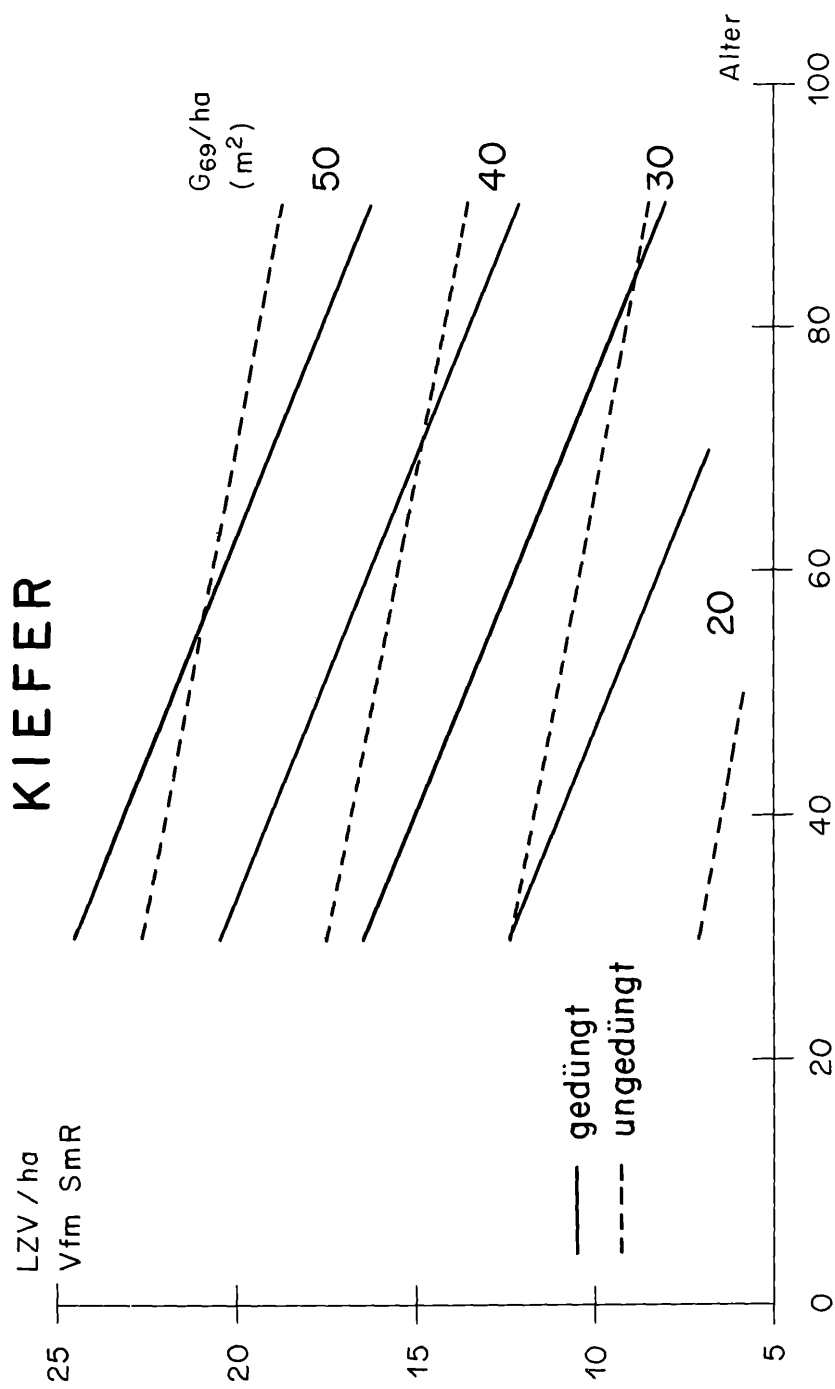


Abbildung 14: Regressionsgleichungen zur Schätzung des laufenden Volumenzwachses je Jahr und Hektar für gedüngte und ungedüngte Kiefernbestände des Untersuchungsgebietes. Dargestellt über dem Bestandesalter vor der Düngung und für verschiedene Stufen der Ausgangsgrundfläche.

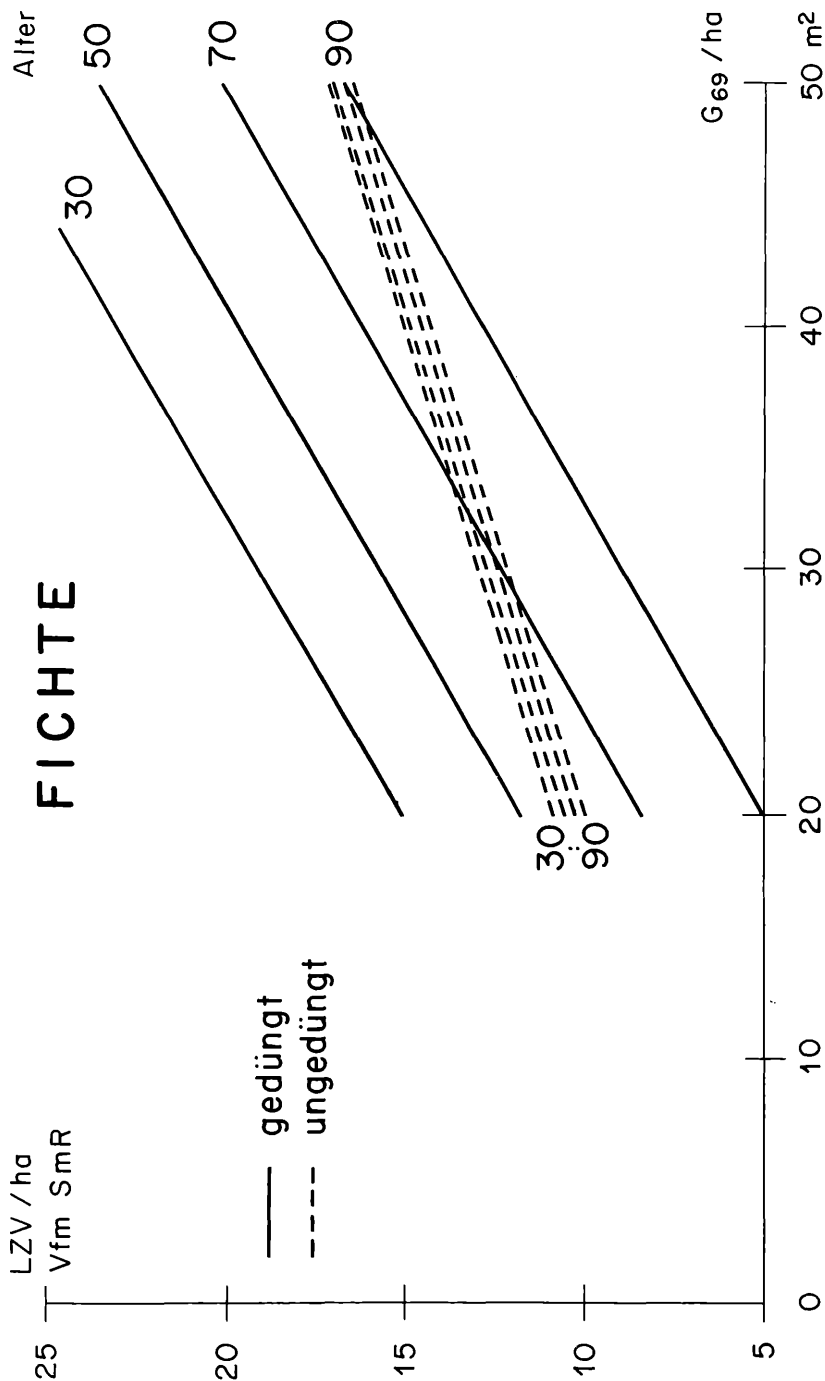


Abbildung 15: Regressionsgleichungen zur Schätzung des laufenden Volumenzuwachses je Jahr und Hektar für gedüngte und ungedüngte Fichtenbestände des Untersuchungsgebietes. Dargestellt über der Ausgangsgrundfläche und für verschiedene Altersstufen vor der Düngung.

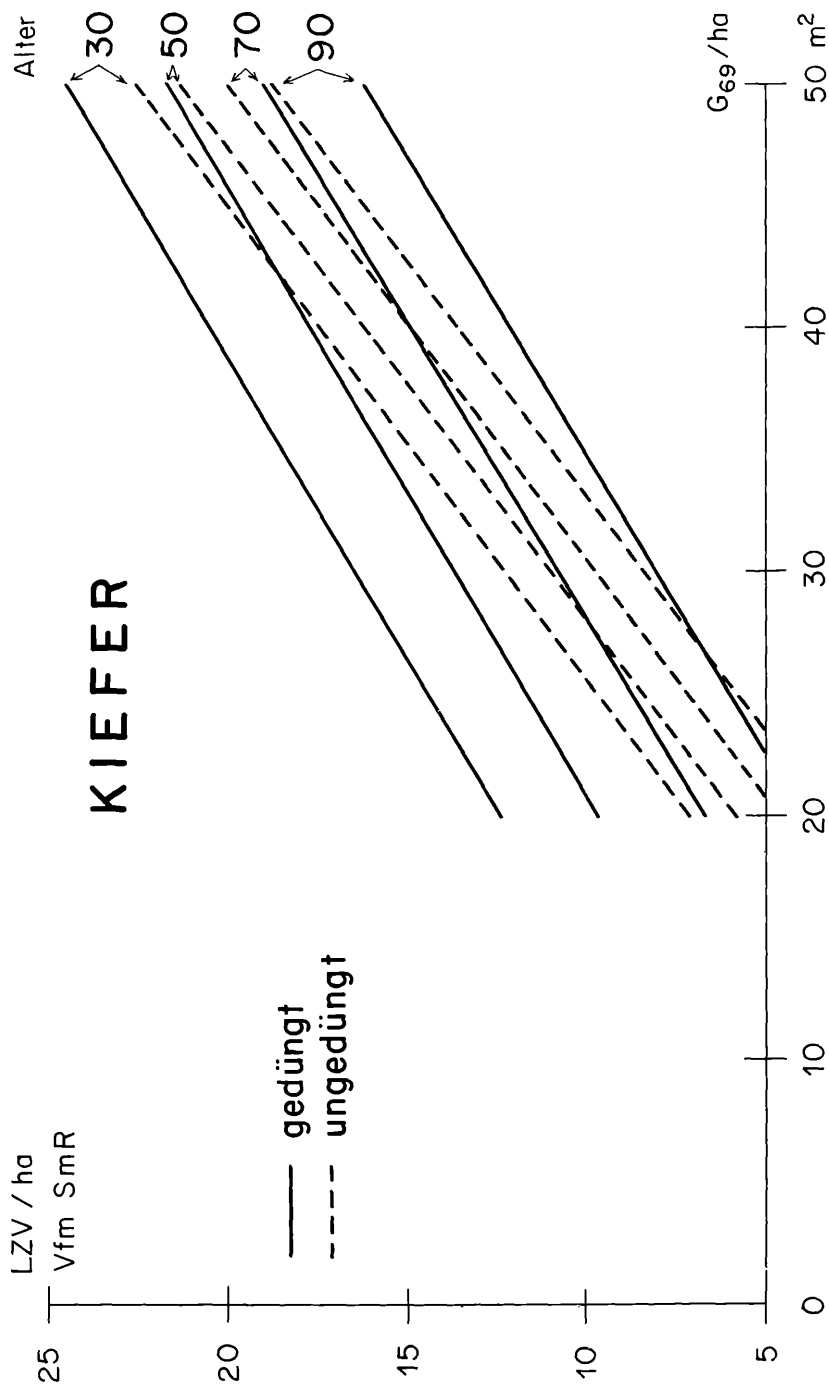


Abbildung 16: Regressionsgleichungen zur Schätzung des laufenden Volumenzuwachses je Jahr und Hektar für gedüngte und ungedüngte Kiefernbestände des Untersuchungsgebietes. Dargestellt über der Ausgangsgrundfläche und für verschiedene Altersstufen vor der Düngung.

Tabelle 15: Bestandesweise Zusammenstellung der berechneten jährlichen Volumenzuwächse ohne und mit Düngung sowie des Mehrzuwachses je ha und Jahr.

Eingangsgrößen: Hauptbaumart (HBA) und Mittelwerte des Alters und der Grundfläche 1969H (nicht tabelliert) je Unterabteilung (U. Abt.).

Düngungs- feld	U. Abt.	HBA	Alter	Größe (ha)	Volumenzuwachs (Vfm _{SmR} je ha)		Mehrzuwachs (Vfm _{SmR}) je ha/J
					unged.	ged.	
A	36a	Kie	74	3,25	9,0	9,9	0,9
	36b	Fi	75	9,25	14,3	14,8	0,5
B	34a	Fi/Kie	40	20,50	13,0	17,9	4,9
	38c	Kie	76	2,00	12,6	12,6	0,0
C	41a,c	Fi/Kie	57	8,75	13,2	16,0	2,8
	41d	Fi	48	3,75	15,0	20,0	5,0
	41b	Fi/Kie	58	5,00	13,2	16,0	2,8
D	40a	Fi	62	8,00	14,2	16,6	2,4
	40c	Fi	47	5,50	13,2	16,9	3,7
E	46a	Fi	36	2,10	12,5	17,1	4,6
	46b,c	Fi	62	11,40	14,7	17,6	2,9
F	46c,d	Fi	62	13,90	14,0	16,2	2,2
	46a	Fi	36	1,10	12,5	17,5	4,6
G	47a,b	Fi	38	25,00	12,8	17,5	4,7
	49a,b	Fi	38	25,00	12,8	17,5	4,7
H	42a	Fi	80	3,30	13,4	12,6	-0,8
	45a	Ki	73	4,20	11,8	12,2	0,4
	Summe			127,0	gewichtetes Mittel		2,9

gedüngten Proben erheblich stärker als bei ungedüngten Proben (Fichten: - 0,01466 bei ungedüngt, - 0,1693 bei gedüngt). Nicht so eindeutig liegen die Verhältnisse bei der Grundfläche: Bei den Fichten nimmt bei steigender Ausgangsgrundfläche der Volumenzuwachs auf den gedüngten Proben stärker zu als bei ungedüngten. Umgekehrt wirkt bei den Kiefernproben die Düngung bei geringerer Grundfläche stärker als bei höherer. Der gleiche Sachverhalt kommt in den Abbildungen 13-16 nochmals zum Ausdruck. Es wäre demnach - wie ohne weitere Erklärung einleuchtet - falsch, den auf gemeinsame Mittelwerte des Alters und der Grundfläche bezogenen (angepassten) Zuwachs als "den Düngungseffekt" im konkreten Düngungsgebiet zu bewerten. (Siehe dazu auch van LAAR, 1979, Seite 541.)

Der tatsächliche Mehrzuwachs läßt sich vielmehr erst dann ermitteln, wenn für das gedüngte Areal mit dem Alter und der Grundfläche als Eingangsgrößen bestandesweise die Zuwächse unter Zuhilfenahme der entsprechenden Regressionskoeffizienten doppelt berechnet werden. Dabei gehen Alter und Grundfläche zu Versuchsbeginn einmal in die Gleichung für ungedüngte, das andere Mal in die Gleichung für gedüngte Fichten- bzw. Kiefernprobestflächen ein. Nach Multiplikation mit der tatsächlichen Bestandesgröße (Fläche) und der Summation der Ergebnisse erhält man 2 Zuwachswerte für das gesamte Düngungsareal: Einerseits den laufenden jährlichen Zuwachs für dieses Gebiet, wenn es nicht gedüngt worden wäre, andererseits den laufenden Volumenzuwachs nach Düngung. Die Differenz beider Werte kann als Schätzwert für den Düngungserfolg gelten. Für die Herleitung des tatsächlichen Mehrzuwachses im Düngungsareal wurden die Alter und Grundflächen der Probekreise als Schätzwerte für Alter und Grundfläche des jeweils zugeordneten Bestandes (Unterabteilung) angesehen. Aus Alter und Grundfläche jedes Probekreises wurden mittlere Zuwachswerte der Unterabteilung berechnet. Aus der Multiplikation mit der Fläche ergaben sich die jährlichen Volumenzuwächse je Unterabteilungsfläche. In Tabelle 15 sind die Berechnungsergebnisse für jede Unterabteilung wiedergegeben. In der letzten Spalte sind die jährlich je ha zu erwartenden Mehrzuwächse tabelliert. Insgesamt ergibt sich ein jährlicher Mehrzuwachs in Höhe von 369 VfmSmR auf 127 ha oder 2,90 VfmSmR/ha/J, also weniger als nach dem Vergleich der Mittelwerte (s.o.) zu folgern gewesen wäre.

6. ZUR RENTABILITÄT DER DÜNGUNGSMASSNAHME

6.1. KOSTEN

Tabelle 16 enthält die tatsächlichen Kosten der Düngungsmaßnahme im Revier Pinkafeld. Bereits im Abschnitt 2 wurde darauf hingewiesen, daß als Düngemittel eine Spezialmischung mit einer auf das Untersuchungsgebiet abgestimmten Zusammensetzung der Nährelemente Verwendung fand. Die hier mitgeteilten tatsächlichen Kosten (Frühjahr 1970) in der Höhe von rund öS 3.450.-- je ha Düngungsareal sind als Fall 1 der weiter unten folgenden Kalkulationen unterstellt worden.

Um eine Aktualisierung der Kalkulationen zu erreichen, wurde aus handelsüblichen Düngemitteln eine Nährelementkombination zusammengestellt, die der des verwendeten Spezialdüngers entspricht (siehe dazu Tabelle 17) und deren Kosten nach aktuellem Stand berechnet. Die Düngemittelpreise wurden der ÖDB-Information 117, Juli 1979, entnommen. Als Kosten für die Ausbringung mit dem Flugzeug wurde 1,50 S je kg Düngemittel, an sonstigen Kosten (Signalisierung ect.) S 400.-- je ha unterstellt. Im Fall 2 und 3 der folgenden Kalkulationen sind Kosten in der Höhe von S 5.500.-- je ha angenommen worden.

Tabelle 16: Tatsächliche Kosten der Düngungsaktion in öS/ha.

1000 kg "Spezialkorn 20/10/10"	2 120,-
Ausbringung per Flugzeug	1 000,-
Antransport des Düngemittels und Beladung des Flugzeuges	74,-
Signalisierung der Düngungsfelder: Lohnkosten	120,-
Materialkosten	60,-
Einsatzleitung	32,-
Sonstiges (Vorbereitung der Beladestelle, Funkverkehr etc.)	46,-
Gesamtkosten je ha	3 452,-

Tabelle 17: "Aktualisierte" .Kosten einer Düngung vom Flugzeug aus mit 200 kg/ha N, 100 kg/ha P (als P_2O_5) und 100 kg/ha K (als K_2O). Handelsübliche Düngemittel, Kosten nach Stand 1979. Ausbringung: 1,50 öS/kg, "Sonstiges": 400,- öS/ha.

Variante	Düngemittel	Nährstoffgehalt (kg/ha)			Gewicht kg/ha	Kosten S/ha
		N	P	K		
1	Vollkorn gelb	100	100	100	667	2600,-
	Nitramoncal	100			357	950,-
	Summe	200	100	100	1024	3550,-
		Ausbringung				1540,-
		Sonstiges				400,-
		Insgesamt				5490,-
2	Nitramoncal	200			714	1900,-
	Tripelphosphat		100		238	1020,-
	60er Kali			100	167	420,-
	Summe	200	100	100	1119	3340,-
		Ausbringung				1680,-
		Sonstiges				400,-
		Insgesamt				5420,-
3	Nitramoncal	200			714	1900,-
	Hyperkorn		100		345	980,-
	60er Kali			100	167	420,-
	Summe	200	100	100	1226	3300,-
		Ausbringung				1840,-
		Sonstiges				400,-
		Insgesamt				5540,-

6.2. ERNTEKOSTENFREIE ERLÖSE

Für die Forstverwaltung Oberwart und auch speziell für den Försterbezirk Pinkafeld wurde für die Jahre 1970-1974 eine Statistik der erntekostenfreien Erlöse erstellt (meinem Kollegen R. A i c h e r danke ich für die Überlassung der Ergebnisse), aus denen ein Mittelwert für den erntekostenfreien Erlös je Efm innerhalb des genannten Zeitraumes abgeleitet wurde. Für den Försterbezirk Pinkafeld beträgt dieser 324.-- S/Efm im Mittel jener fünf Jahre, für die auch die Zuwachsmehrleistung nachgewiesen wurde. Dieser werbungskostenfreie Erlös je Efm ist im Fall 1 (siehe Tabelle 18) den tatsächlichen, im Fall 2 den aktualisierten Kosten der Düngung gegenübergestellt. Als Fall 3 wurde ein erntekostenfreier Erlös in Höhe von 400.-- S/Efm angenommen, um den derzeitigen Trend des Preis-Kosten-Niveaus in angemessener Weise einzubeziehen.

6.3. KALKULATIONEN ZUR RENTABILITÄT

Dem Verfahrensvorschlag von POLLANSCHÜTZ (1972) folgend, wurden die wichtigsten Kennwerte für die Rentabilität der Düngung in einer Kalkulationstabelle zusammengestellt (siehe Tabelle 18). Als Mehrzuwachs je Jahr und ha wurden 2,3 Efm/ha/J (d. ist 80% von 2,9 VfmS/ha/J) eingesetzt.

Mit den tatsächlichen Kosten und den durchschnittlichen Holzerlösen im konkreten Düngungsgebiet (Fall 1) gerechnet, ist durch den Wert des geleisteten Mehrzuwachses das investierte Kapital bereits nach Ablauf des 5. Jahres "zurückgewonnen" bzw. der Wert des Holzvorrates hat sich 5 Jahre nach der Düngung um den Betrag der Kapitalinvestition erhöht. Für den nur bezüglich der Düngungskosten aktualisierten (ungünstigeren) Fall 2 beträgt der Rückgewinnungszeitraum ca. 8 (r 7,4), für den günstigeren 3. Fall 6 Jahre. Wird für das investierte Kapital eine Verzinsung in Höhe von 8% gefordert, so würde sich der Tilgungszeitraum auf 6, 12, bzw. 9 Jahre berechnen. Von besonderer Bedeutung dürfte es sein, daß sich die tatsächlichen Kosten sogar bei 8% Verzinsung bereits nach 6 Jahren amortisiert haben! Bei einer angenommenen Mindestwirkungsdauer von 7 Jahren würde dies einer Verzinsung in Höhe von ca. 11.5% entsprechen. Hält die Düngerwirkung

Tabelle 18: Kalkulationstabelle für die Rentabilität der Düngungsmaßnahme (nähere Erläuterungen im Text).

	Symbol	Berechnung	Fall 1	Fall 2	Fall 3	Einheit
Kosten der Düngung je ha	K		3 450	5 500	5 500	S/ha
Erwartete Mindestwirkungsdauer	n		7	7	7	Jahre
Mehrwuchs je ha	Z		2,3	2,3	2,3	Efm/ha
Erntekostenfreier Erlös	E		324	324	400	S/Efm
Jährlicher Mehrerfolg	M	Z x E	745	745	920	S/ha
Rückgewinnungszeitraum	r	K M	4,6	7,4	6,0	Jahre
Amortisationsfaktor	A _f	M K	0,2159	0,1355	0,1673	
Verzinsung der Investition für n = 7	p%	Formel	11,5	ca. 0	4,1	%
Tilgungszeitraum bei p = 8%	t	Formel	6	11,5	8,5	Jahre
Düngungsareal	F		127	127	127	ha
Erhöhung des Jahreseinschlages	J	Z x F	292	292	292	Efm
Jährlicher Mehrerfolg des Betriebes		M x F	94 615	94 615	116 840	S
Einmaliger Aufwand "Investition"	I	K x F	438 150	698 500	698 500	S
Entspricht "einmaligem" Mehreinschlag		I E	1 352	2 165	1 746	Efm

länger als 7 Jahre (was nach anderen Versuchsergebnissen durchaus zu erwarten ist, z. B. POLLANSCHÜTZ, 1974 b), so würde auch die Verzinsung noch steigen.

Im Fall 2 wäre bei einer geforderten Verzinsung von 8% der Tilgungszeitraum annähernd 12 Jahre bzw. bei einer angenommenen Wirkungsdauer von nur 7 Jahren wäre eine Verzinsung nicht gegeben. Hielte die Wirkung dagegen 10 Jahre in gleicher Höhe an, so hätte sich die Investition mit 6% verzinst. Unter den u n g ü n s t i g e n Bedingungen dürften mit Fall 2 etwa die Grenzen der Rentabilität einer Düngungsmaßnahme in diesem konkreten Untersuchungsgebiet aufgezeigt sein.

Im günstigeren und realistischeren Fall 3 liegen Rückgewinnungszeitraum, Tilgungszeitraum und Verzinsung durchaus im wirtschaftlich interessanten Bereich.

Geht man - auch hier POLLANSCHÜTZ (1971, 1972) folgend - davon aus, daß die Investitionskosten für eine Großdüngungsaktion durch einen einmaligen Mehreinschlag in nicht gedüngten, aber hiebsreifen Beständen aufgebracht werden sollen, so wären im konkreten Fall 1350, 2150 bzw. 1750 Efm notwendig gewesen.

Die vorstehenden Hinweise zur betriebswirtschaftlichen Beurteilung der Düngungsmaßnahmen sind zweifellos nicht umfassend, so wurden insbesondere Verfahren der dynamischen Investitionsrechnung (KROTH, 1975) nicht miteinbezogen. Diese hätte insbesondere zur Aufgabe, den internen Zinsfuß in Abhängigkeit vom Alter der gedüngten Bestände und vom Zeitpunkt der Ernte des durch die Düngung bewirkten Mehrzuwachses herzuleiten. In Anbetracht der Vorläufigkeit der ertragskundlichen Ergebnisse und des bisher noch nicht bekannten Zuwachsverlaufes in der Folgezeit soll hier jedoch auf weitere Berechnungen verzichtet werden.

Immerhin konnte nachgewiesen werden, daß der im Zuge der Planung seinerzeit prognostizierte Mehrzuwachs nahezu in vorausgesagtem Ausmaß realisiert werden konnte. Die tatsächlichen Düngungskosten wurden durch den Mehrzuwachs in 5 Jahren "zurückgewonnen", d.h. der Wert des stehenden Vorrates

hatte sich in dieser Zeit im Ausmaß der einmaligen Investition erhöht. Der Schlußfolgerung KROTH's (1975, S. 332) "...daß Düngung eine in der primären Produktion des Forstbetriebes sonst nicht erreichbare Rendite verspricht..." ist eigentlich nichts hinzuzufügen, als daß sich diese Aussage auf geeignete Standorts- und Bestandesverhältnisse bezieht.

7. ZUSAMMENFASSUNG

Ziel des "Großdüngungsversuches Pinkafeld" war einerseits, den Zuwachs einer konkreten Betriebsklasse durch gezielte, harmonische Düngung anzuheben und diesen Erfolg durch geeignete versuchstechnische (ertragskundliche) Überprüfung nachzuweisen, andererseits aber auch eine Großflächendüngung vom Flugzeug aus unter leichten bis mäßig schwierigen Verhältnissen zu erproben. 120 ha des Försterdienstbezirkes Pinkafeld im Forstwirtschaftsbezirk Oberwart der Österreichischen Bundesforste wurden im April 1970 mit einem granulierten Spezialdünger (Reinnährstoffmengen in kg/ha; 200 N, 100 P_2O_5 , 100 K_2O) von zwei Starrflüglern aus (Type "Gawron" der "Agrarflug Glück Gesellschaft") gedüngt. Zur ertragskundlichen Erfolgskontrolle wurden 82 Probekreise (davon 34 Nullflächen außerhalb des gedüngten Areal) als Dauerversuchsflächen angelegt.

Gegenstand der ertragskundlichen Auswertung ist der laufende jährliche Volumenzuwachs der Periode 1969 Herbst (Erstaufnahme) bis 1974 Herbst (1. Revisionsaufnahme). Die 2. Revisionsaufnahme (Herbst 1979) konnte bisher noch nicht ausgewertet werden.

Die Lage der Düngungsfelder und der Probekreise ist in Abb. 1 dargestellt. Wesentliche ertragskundliche Kennwerte der Probekreise finden sich in Tab. 1 (Hauptbaumart Fichte) und Tab. 3 (Hauptbaumart Kiefer). Eine Sonderform der Düngung mit Harnstoff (siehe dazu Tab. 2) fand bei dieser Untersuchung zunächst keine Berücksichtigung.

Es konnte nachgewiesen werden, daß neben der Düngung das Alter und die Grundfläche je ha (1969 H) wesentlichen Einfluß auf die Höhe des Volumenzuwachses haben (dazu Abb. 9 bis 16 und Tab. 8-14). Bereinigt man den

Volumenzuwachs um den Einfluß dieser Kovariablen, so ist ein düngungsbedingter Mehrzuwachs im Mittel der Probeflächen statistisch gesichert nachzuweisen.

Aus Regressionsgleichungen für gedüngte und ungedüngte Probeflächen konnten bestandes- (= unterabteilungs-) weise Zuwachsschätzwerte für das Untersuchungsgebiet hergeleitet werden, wobei das Alter und die Grundfläche

jedes Bestandes die Eingangsgrößen bildeten (dazu Tabelle 15). Im Mittel ergab sich ein Mehrzuwachs von 2,90 VfmSmR/ha/J, entsprechend einem "Düngungseffekt" von 1841 VfmSmR, bezogen auf das Düngungsareal und die untersuchte Laufzeit von 5 Jahren.

Die tatsächlichen Kosten der Düngung (Tab. 16) in Höhe von 3.450.- öS/ha waren - wenn man die im Durchschnitt der Jahre 1969 bis 1974 erzielten erntekostenfreien Erlöse im FDB Pinkafeld unterstellt - bereits nach 5 Jahren durch den Mehrzuwachs zurückgewonnen. Unter gleichen Voraussetzungen und einer angenommenen Mindestwirkungsdauer von 7 Jahren hätte sich die Investition mit 11,5% verzinst. Diese und weitere betriebswirtschaftliche Kalkulationen sind in Tab. 18 zusammengestellt.

8. LITERATUR

BIERSTEDT, W., 1974:

Ausbringung granulierter Dünger mit dem Flugzeug. AFZ, München, 29, S 114-115.

FRANZ, F., 1965:

Auswertung von Düngungsversuchen mit unterschiedlicher Bestockungsdichte zu Versuchsbeginn. Forstw. Cbl., 84. Jg., S 69-128.

FRANZ, F. u. BIERSTEDT, W., 1975:

Wirkung großflächiger Flugzeugdüngung mit Kalkammonsalpeter auf den Volumenzuwachs von Kiefernbeständen im Bayrischen Forstamt Bodenwöhr/Opf. Forstw. Cbl., 94. Jg., S 310-324.

JOHANN, K., 1976:

Ein integriertes Konzept für die Aufnahme und Auswertung ertragskundlicher Dauerversuche. Research Notes Nr. 43, Royal College of Forestry, Stockholm, Dept. of For. Yield Res., S 82-94.

KRAPFENBAUER, A., STERBA, H., GLATZEL, G., HAGER, H., 1977:

Ein Einzelbaumdüngungsversuch zu Fichte. Cbl. ges. Forstwesen, 94., S 116-123

KROTH, W., 1975:

Betriebswirtschaftliche Beurteilung einer großflächigen Kalkammonsalpeter-Düngung in Kiefernbeständen der Oberpfalz. Forstw.Cbl., 94. Jg. S 324-333.

v. LAAR, A., 1979:

Biometrische Methoden in der Forstwirtschaft. Forschungsberichte Nr. 44 der FFA, München.

LINDER, A., 1964:

Statistische Methoden für Naturwissenschaftler, Mediziner und Ingenieure. Birkhäuser Verlag, Basel und Stuttgart.

MARSCHALL, J., 1975:

Hilfstafeln für die Forsteinrichtung. Österr. Agrarverlag, Wien.

ÖDB-Information 1979: Nr. 117, Herausgeber: Österr. Düngungsberatungsstelle

POLLANSCHÜTZ, J., 1969:

Bestandesdüngung-Produktionssteigerung. AFZ, Wien, 80., H. 9, S 215-217 und 219-222.

POLLANSCHÜTZ, J., 1971:

Walddüngung-Betriebserfolg-Rentabilität. AFZ, München, Nr. 18, S 363-365.

POLLANSCHÜTZ, J., 1972:

Wirtschaftlichkeit der Walddüngung. Allg. Holzrundschau, Nr. 607-608, S 146-151.

POLLANSCHÜTZ, J., 1974 a:

Formzahlfunktionen der Hauptbaumarten Österreichs. Informationsdienst FBVA, 153. Folge.

POLLANSCHÜTZ, J., 1974 b:

Düngungsversuche in Österreich. AFZ, Wien, Folge 10.

STEFAN, K., 1981:
Großdüngungsversuch Pinkafeld Nadelanalytische Ergebnisse.
Mitt. d. Forstl. Bundesversuchsanstalt, Band 136.

STERBA, H., 1970:
Untersuchungen zur Frage der Anlage und Auswertung von Einzelstammdüngungsversuchen. Cbl. ges. Forstwesen, 87., H. 3, S 166-189.

STERBA, H. und KRAPPENBAUER, A., 1973:
Auswertung eines Bestandesdüngungsversuches auf Terra Fusca. Cbl. ges. Forstwesen, 90., H. 1.

THOMASIUS, H., 1963:
Über die Anlage und Auswertung forstlicher Versuche auf Flächen mit unterschiedlicher Standortsgüte. Archiv f. Forstw., 12 Bd., H. 6.

ZIMMERMANN, G., 1970:
Walddüngung vom Flugzeug aus. Holz-Zentralbl., 66, S. 967-968.

**GROSSDÜNGUNGSVERSUCH PINKAFELD
NADELANALYTISCHE ERGEBNISSE**

von Klaus STEFAN

1. EINLEITUNG

In den Jahren 1962/63 waren von der Forstlichen Bundesversuchsanstalt in Zusammenarbeit mit der Österreichischen Düngerberatungsstelle Exaktdüngungsversuchsflächen für Fichte und Kiefer in verschiedenen Teilen Österreichs auf unterschiedlichen Standorten in verschiedenen Wuchsgebieten angelegt worden. Nach dem Vorliegen der positiven Ergebnisse der ersten ertragskundlichen Kontrollenerhebung dieser Versuche (KILIAN und LUMBE, 1969; POLLANSCHÜTZ, 1969; STEFAN, 1969 a) lag es daher nahe, im Hinblick auf die praktische Anwendung eine großflächige Düngung vom Flugzeug aus durchzuführen, wobei methodisch weitgehend analog zu den Exaktdüngungsversuchen vorgegangen werden sollte:

- Standortskundliche Voruntersuchung
Bemessung und Wahl der Düngemittel auf Grund von Bodenuntersuchungen und Nadelanalysen
- Laufende Überwachung der Veränderungen in der Nährstoffversorgung durch Nadelanalysen
- Feststellung der erzielten Ertragssteigerung und Wirtschaftlichkeit durch Erhebung der Ausgangssituation und periodische ertragskundliche Kontrollen.

Als Versuchsareal wurde ein zusammenhängendes Gebiet im Forstdienstbezirk Pinkafeld des Forstwirtschaftsbezirktes Oberwart/Burgenland der Österreichischen Bundesforste (ÖBF) ausgewählt. Im Gegensatz zu den bis dahin angelegten Exaktversuchen, die mit mehrfacher Wiederholung in Blockanlage (Parzellen) eingerichtet worden waren, handelt es sich bei diesem Untersuchungsobjekt um eine praxisgerechte Düngungsmaßnahme in einer konkreten Betriebsklasse. Die Auswirkung dieser Maßnahme sollte dabei versuchstechnisch exakt überwacht werden. Die bei den Exaktversuchen erprobte und bewährte Methodik war zu diesem Zweck sinngemäß abzuwandeln.

Es ist das Ziel der vorliegenden Arbeit die angewandte Methodik darzulegen, die Ausgangsdaten bekanntzugeben, den Auswertungsgang darzustellen und die gewonnenen Ergebnisse zu interpretieren. Besonderer Wert wurde dabei auf die Beurteilung des Ernährungszustandes im Jahr 1969 und die Düngereffektivität in den folgenden fünf Jahren gelegt.

2. MATERIAL UND METHODE

2.1. UNTERSUCHUNGSGEBIET UND VERSUCHSANLAGE

Das Versuchsareal Pinkafeld befindet sich im tertiären Hügelland des südlichen Burgenlandes, welches dem subillyrischen Klimaraum angehört. Die durchschnittliche Jahrestemperatur liegt bei $8,6^{\circ}\text{C}$ und die durchschnittlichen jährlichen Niederschläge betragen 790 mm. Substrate sind tertiäre Lockersedimente und Schotterdecken, welche zum größten Teil von pleistozänem Staublehm überdeckt sind (JELEM und KILIAN, 1970). Eine genauere Beschreibung des Versuchsgebietes hinsichtlich Waldzustand, Standort, Versuchsanlage und Düngungsplan wird im Beitrag von JOHANN (1981) gegeben. Geplant war die Ausbringung von 1000 kg/ha eines 20:10:10 N-P-K - Spezialdüngers.

2.2. NADELPROBENGEWINNUNG UND ANALYSENVERFAHREN

Im Herbst 1969 wurden auf 61 Probeflächen, die vom Institut für Ertrag und Betriebswirtschaft in einem Raster im Versuchsgebiet eingerichtet worden waren, von jeweils zwei Bäumen die "einjährigen" (letztjährigen) Nadeln des dritten Quirls von oben am stehenden Baum entnommen. Deren Analysendaten wurden neben den bodenchemischen Ergebnissen für die Erstellung des Düngungsplanes herangezogen. Bei den 61 Probeflächen handelte es sich um 53 Fichten- und 8 Kiefernflächen. Nach der im Frühjahr 1970 erfolgten Düngung vom Flugzeug aus, wurde die Zahl der Probeflächen auf 82 erhöht (68 Fi, 14 Kie). Die Probenahme der Nadeln erfolgte an den identen 164 Bäumen jedes Jahr im Herbst (Ende Oktober / Anfang November). Nach dem Trocknen der Nadeln wurde bei den Fichtenproben das 100-Nadelgewicht (von 5 x 100 Nadeln) bestimmt. Die 122 (1969) beziehungsweise 164 Proben (ab 1970) wurden einzelstammweise analysiert. Die Bestimmung des Stickstoffs erfolgte nach Kjeldahl-Aufschluß maßanalytisch. Die Elemente Phosphor, Kalium, Calcium und Magnesium wurden im salzsaurigen Filtrat der veraschten Nadelpulver bestimmt: Phosphor kolorimetrisch, Kalium flammenphotometrisch, Calcium und Magnesium anfangs flammenphotometrisch, seit 1971 mit Hilfe der Atom - Absorptions - Spektralphotometrie.

2.3. ANMERKUNGEN ZUR AUSWERTUNG UND DEFINITIONEN

Da der Probenumfang des Jahres 1969 ab 1970 erweitert wurde (Probeflächen 62 bis 82 erstmals 1970 untersucht), stehen für die statistische Auswertung vier Kollektive zur Verfügung:

Kollektiv 1: Fichtenproben, die ab 1969 analysiert wurden.

Kollektiv 2: Zusätzlich zum Kollektiv 1 jene Fichtenproben, die erst ab 1970 analysiert wurden.

Kollektiv 3: Kiefernproben, die ab 1969 analysiert wurden.

Kollektiv 4: Zusätzlich zum Kollektiv 3 jene Kiefernproben, die erst ab 1970 analysiert wurden.

Bei der Auswertung wurden ferner noch drei Düngungsklassen unterschieden (siehe dazu JOHANN, 1981):

Düngungsklasse 0: ungedüngt,

Düngungsklasse 1: schwach gedüngt,

Düngungsklasse 2: voll gedüngt.

Für die genannten vier Kollektive wurde in einem ersten Auswertungsschritt jährweise geprüft, ob die Nährstoffgehalte von Proben der Düngungsklassen 1 und 2 gesichert von denen der Düngungsklasse 0 (Kontrollproben) verschieden sind (Nullhypothese: $\bar{x}_0 = \bar{x}_1$ und $\bar{x}_0 = \bar{x}_2$). Eingangswerte für den t-Test waren die Nährstoffgehalte (%) für Kollektiv 1 auch die Nährstoffmengen (mg / 100 Nadeln) - des Einzelbaumes (also nicht die Mittelwerte aus den zwei Analysen-Bäumen je Probefläche!).

Aus früheren nadelanalytischen Auswertungen war bekannt, daß Unterschiede in den *V e r ä n d e r u n g e n* der Nährstoffgehalte von Jahr zu Jahr als Folge von Düngungsmaßnahmen zwischen gedüngten und ungedüngten Proben leichter nachzuweisen sind als solche zwischen den Mittelwerten der tatsächlichen Nährstoffgehalte (STEFAN, 1972). Als Veränderung wird hierbei die Differenz in den Nährstoffgehalten zwischen Folgejahren (hier: 1970 bis 1974) und dem Ausgangsjahr (hier: 1969) verstanden. Für die Kollektive 1 und 3 wurden in einem zweiten Auswertungslauf die Veränderungen der Nährstoffgehalte - für Kollektiv 1 auch die der Nährstoffmengen - in analoger Weise getestet wie die Nährstoffversorgung im Ablauf der Jahre(s.o.).

TABELLE 1: Nährstoffgehalte der Nadeln von Fichten und Kiefern 1969: Bereiche (Einzelwerte, Flächenmittelwerte) und Mittelwerte der Kollektive 1 und 3.

%	FICHTE (Kollektiv 1)			KIEFER (Kollektiv 3)		
	Bereiche		Mittelwerte	Bereiche		Mittelwerte
	Einzelwerte	Flächenmittelwerte		Einzelwerte	Flächenmittelwerte	
N	1,07	1,80	1,10 - 1,69	1,10 - 1,43	1,15 - 1,37	1,291
P ₂ O ₅	0,25 - 0,55	0,26 - 0,52	0,381	0,28 - 0,37	0,29 - 0,36	0,325
K ₂ O	0,45 - 1,19	0,60 - 1,06	0,809	0,50 - 0,73	0,53	0,605
CaO	0,33	1,07	0,43 - 1,02	0,19 - 0,66	0,29 - 0,51	0,378
MgO	0,16 - 0,31	0,18 - 0,28	0,228	0,13 - 0,22	0,15 - 0,21	0,174

Die Nullhypothese lautete demnach: $\overline{\Delta x}_0$ $\overline{\Delta x}_1$ und $\overline{\Delta x}_0 = \overline{\Delta x}_2$

In den Tabellen und Abbildungen werden folgende Symbole für das Signifikanzniveau von Unterschieden verwendet:

Überschreitungswahrscheinlichkeit	Symbol
$\alpha > 0,05$	
$0,05 \geq \alpha > 0,01$	+
$0,01 \geq \alpha > 0,001$	++
$\alpha < 0,001$	+++

Die im Anhang ausgewiesenen Flächenmittelwerte der Kollektive 1 bis 4 und des 100-Nadelgewichts der Kollektive 1 und 2 sind die Mittelwerte je Probekreis.

Die umfangreichen Berechnungen sowie die Anfertigung zahlreicher Darstellungen wurden entgegenkommenderweise vom Institut für Ertrag und Betriebswirtschaft übernommen und mittels spezieller Rechen- und Zeichenprogramme (HP 9825) durchgeführt. Herrn Dr. Klaus JOHANN sei an dieser Stelle für die Beratung in statistischen Fragen, die Erstellung der Programme und die Überwachung des Arbeitsablaufes gedankt. Herrn W. LENZ danke ich für die sorgfältige Ausföhrung der Dateneingabe und der technischen Durchföhrung der ihm aufgetragenen Arbeiten.

3. ERGEBNISSE UND BESPRECHUNG

3.1. UNTERSUCHUNG 1969

Die Bereiche der Nährstoffgehalte der Einzelbaumproben beziehungsweise der Flächenmittelwerte und die Versuchsmittelwerte der einzelnen Nährstoffe sind in TABELLE 1 für Fichte und Kiefer getrennt ausgewiesen.

Die Beurteilung der Ernährungssituation erfolgte an Hand der Flächenmittelwerte, wobei die aus der Literatur bekannten Grenzwerte (GUSSONE, 1964; BAULE und FRICKER, 1967; LANZ, 1969), wie in TABELLE 2 angegeben, Verwendung fanden. Da sich die Nährstoffgehalte auf Grund klimatischer

TABELLE 2: Grenzwerte der Nährstoffgehalte in Prozent

		% N	% P ₂ O ₅	% K ₂ O	% CaO	% MgO
Mangel bis	Fichte	1,30	0,25	0,40	0,14	0,12
	Kiefer	1,30	0,25	0,50	0,07	0,10
Nicht ausreichende	Fichte	1,50	0,30	0,50	0,50	0,18
Ernährung bis	Kiefer	1,60	0,30	0,60	0,40	0,10

TABELLE 3: Nadelanalysendaten der ungedüngten Parzellen der Düngungsversuchsfläche Grottenhof/Steiermark in Prozent.

	% N	% P ₂ O ₅	% K ₂ O	% CaO	% MgO
Langjähriger Mittelwert	1,27	0,41	0,81	0,62	0,26
1969	1,24	0,39	0,80	0,50	0,20

TABELLE 4: Verteilung der Flächenmittelwerte der Kollektive 1 und 3 auf drei Bereiche der Nährstoffversorgung entsprechend Tabelle 2 (1: Mangel; 2: nicht ausreichend; 3: ausreichend).

	FICHTE - Flächen im Bereich			KIEFER - Flächen im Bereich		
	1	2	3	1	2	3
% N	14	24	15	3	5	0
% P ₂ O ₅	0	7	46	0	1	7
% K ₂ O	0	0	53	0	2	6
% CaO	0	1	52	0	4	4
% MgO	0	0	53	0	0	8

Gegebenheiten von Jahr zu Jahr mehr oder minder stark ändern können, die tatsächliche Ernährungssituation durch die Werte eines "Extremjahres" also verschleiert werden könnte (WEHRMANN, 1959; STEFAN, 1969 b), wurde für die Beurteilung des Pinkafelder Datenmaterials auch noch die aktuelle Situation im Jahr 1969 auf der nächstgelegenen Exaktdüngungsversuchsfläche Grottenhof/Steiermark - zum Vergleich herangezogen. Wie aus TABELLE 3 zu ersehen ist, entsprachen die Stickstoff-, Phosphor- und Kaliumgehalte der ungedüngten Proben in Grottenhof 1969 den langjährigen Mittelwerten, während die Calcium- und Magnesiumgehalte 1969 darunter lagen. Unter der Annahme, daß die für Grottenhof geltende Aussage auch für Pinkafeld gilt - Extremabweichungen treten meist großräumig auf -, konnten die Stickstoff-, Phosphor- und Kaliumwerte an Hand der in Tabelle 2 angeführten Grenzwerte beurteilt werden. Bei Verwendung dieser Grenzwerte verteilen sich die Flächenmittelwerte des Untersuchungsmaterials auf die einzelnen Bereiche (1: Mangelgrenzwert und tiefer; 2: Nährstoffgehalt zwischen Mangel und ausreichender Ernährung; 3: Grenzwert für ausreichende Ernährung und höher) wie in TABELLE 4 angegeben.

Auf Grund dieses Ergebnisses herrschte im Untersuchungsgebiet vor allem hinsichtlich des Nährstoffs Stickstoff ein Mangel beziehungsweise Bedürftigkeit (Bereich 1 + 2: rund 75 % der Probeflächen). Bei den anderen Nährstoffen ergab sich dagegen kein Mangel, wenn man die Flächenmittelwerte zur Beurteilung heranzieht. Auch bei den Einzelbaumwerten wiesen nur zwei Fichten einen Phosphormangel und eine Kiefer Kaliummangel auf. Während die Kaliumversorgung bei Fichte bis auf einen Einzelbaum ausreichend war, wiesen bei den Kiefernproben 50 Prozent der Einzelbaumwerte und 25 Prozent der Flächenmittelwerte auf eine nicht ausreichende Versorgung hin. Auch die Calciumversorgung war bei den Kiefern wesentlich schlechter als bei den Fichten. Wies bei den Fichtenflächen nur eine von 53 beim Flächenmittelwert eine nicht ausreichende Versorgung auf, so waren es bei den Kiefernflächen 50 Prozent (4 Flächen); bei den Einzelbaumwerten wiesen 12 Prozent der Fichten, aber rund 70 Prozent der Kiefern eine nicht ausreichende Versorgung auf. Bei den Phosphorgehalten war der Anteil der Flächen- beziehungsweise Einzelbaumwerte mit einer nicht ausreichenden Versorgung bei beiden Baumarten (rund 14 Prozent) annähernd gleich.

TABELLE 5.1: Fichte - Nach Düngungsklassen aufgeschlüsselte Mittelwerte der Nährstoffgehalte (%) des Kollektivs I und Signifikanzniveau für die Differenz gegen ungedüngt (Probeflächenanzahl: 0/16; 1/9; 2/28).

	Dkl.	1969	1970	1971	1972	1973	1974
% N	0	1,446	1,420	1,447	1,452	1,405	1,286
	1	1,421	1,480	1,492	1,456	1,394	1,318
	2	1,374 +	1,742 +++	1,573 +++	1,514 +	1,496 ++	1,352 +
% P ₂ O ₅	0	0,367	0,433	0,414	0,383	0,382	0,349
	1	0,415 +	0,477	0,462 +	0,429 +	0,422 +	0,410 +
	2	0,378	0,481 ++	0,451 ++	0,451 ++	0,400	0,363
% K ₂ O	0	0,825	0,892	0,838	0,854	0,753	0,782
	1	0,777	0,873	0,813	0,902	0,750	0,826
	2	0,809	0,994 ++	0,899	0,943 +	0,719	0,769
% CaO	0	0,671	0,599	0,717	0,811	0,750	0,782
	1	0,706	0,631	0,770	0,754	0,772	0,679
	2	0,658	0,578	0,707	0,690 ++	0,749	0,706
% MgO	0	0,224	0,224	0,254	0,224	0,213	0,180
	1	0,234	0,229	0,252	0,207	0,225	0,183
	2	0,229	0,224	0,233 ++	0,201 ++	0,218	0,180

Eine Aufgliederung der Werte der Fichtenflächen nach Bestandesklassen ergab im Mittel für Stangenhölzer gegenüber Baumhölzern einen um rund 10 Prozent tiefer liegenden Wert bei Stickstoff, Phosphor und Calcium.

Für die Erarbeitung des Düngungsplanes konnten somit auf Grund der Nadelanalysenbefunde folgende Feststellungen getroffen werden:

Im größeren Teil des Untersuchungsgebietes besteht Stickstoffbedürftigkeit, wovon rund 70 Prozent der Fichtenflächen und 100 Prozent der Kiefernflächen betroffen sind.

Ob bei einer Düngung vom Flugzeug aus die Ausbringung anderer Nährstoffe, außer Stickstoff, notwendig ist, muß an Hand von Bodenanalysen im Hinblick auf Verdünnungseffekte bei ausschließlicher Stickstoffdüngung entschieden werden; Flächen, die nach den Nadelanalysenwerten nicht ausreichend mit Phosphor, Kalium oder Calcium versorgt sind, verteilen sich in Streulage über das gesamte Versuchsgebiet.

3.2. NADELNÄHRSTOFFGEHALTE NACH DER DÜNGUNG (1970) IN DEN JAHREN 1970 BIS 1974

Wie bereits im Abschnitt 2 angeführt, erfolgte für die statistische Auswertung eine Zuordnung der Proben nach den 1970 tatsächlich ausgebrachten Düngermengen, wobei zwischen voll (2), schwach (1) und nicht (0) gedüngten Probenflächen unterschieden wurde (siehe dazu auch JOHANN, 1981). Bevor auf die Ergebnisse der Nadelnährstoffgehalte ab 1970 eingegangen wird, soll auch noch die Ausgangssituation 1969 unter Zugrundelegung dieser Düngungsklassen kurz gestreift werden. Aus den TABELLEN 5.1 und 5.2, in denen die Mittelwerte der Nährstoffgehalte für die drei Düngungsklassen (0 1 2) einschließlich Signifikanzniveau für Unterschiede gegenüber den Nullflächen für die Kollektive 1 und 3 angegeben sind, ist zu ersehen, daß 1969 bei Kiefer keine signifikanten Unterschiede bestanden, während vor der Düngung bei Fichte die Proben der späteren Düngungsklasse 2 einen signifikant niedrigeren Stickstoffgehalt und die Proben der Düngungsklasse 1 einen signifikant höheren Phosphorgehalt aufwiesen. In den TABELLEN 6.1 und 6.2 sind die Mittelwerte der

TABELLE 5.2: Kiefer – Nach Düngungsklassen aufgeschlüsselte Mittelwerte der Nährstoffgehalte (%) des Kollektivs 3 und Signifikanzniveau für die Differenz gegen ungedüngt (Probeflächenanzahl: 0/2; 1/1; 2/5).

	Dkl.	1969	1970	1971	1972	1973	1974
% N	0	1,363	1,245	1,175	1,313	1,208	1,200
	1	1,280	1,405	1,310	1,295	1,170	1,415 +
	2	1,264	1,762 +++	1,558 +	1,530 ++	1,534 +++	1,468 +++
% P ₂ O ₅	0	0,345	0,375	0,320	0,300	0,288	0,288
	1	0,310	0,375	0,350	0,385	0,330	0,425 +++
	2	0,320	0,436 ++	0,410 ++	0,357	0,386 +++	0,342 +
% K ₂ O	0	0,573	0,620	0,623	0,550	0,638	0,658
	1	0,600	0,665	0,610	0,770	0,685	0,640
	2	0,619	0,821 +++	0,665	0,680	0,705	0,633
% CaO	0	0,313	0,363	0,355	0,425	0,375	0,430
	1	0,460	0,540	0,670	0,775 +	0,645 +	0,405
	2	0,388	0,574 ++	0,576 ++	0,538	0,622	0,490
% MgO	0	0,180	0,208	0,175	0,168	0,175	0,173
	1	0,195	0,205	0,240	0,240	0,200	0,160
		0,168	0,167	0,184	0,154	0,199	0,166

TABELLE 6.1: Fichte – Nach Düngungsklassen aufgeschlüsselte Mittelwerte der Nährstoffgehalte (%) des Kollektivs 2 und Signifikanzniveau für die Differenz gegen ungedüngt (Probeflächenanzahl: 0/22; 1/14; 2/32).

	Dkl.	1970	1971	1972	1973	1974
% N	0	1,388	1,441	1,446	1,408	1,297
	1	1,424	1,428	1,381	1,355	1,270
	2	1,759 +++	1,576 +++	1,509 +	1,495 ++	1,343
% P ₂ O ₅	0	0,429	0,409	0,379	0,388	0,370
	1	0,487 +	0,457 ++	0,424 +	0,423	0,409
	2	0,484 +++	0,453 +++	0,455 +++	0,402	0,363
% K ₂ O	0	0,872	0,824	0,840	0,743	0,820
	1	0,872	0,831	0,928	0,731	0,807
	2	1,000 +++	0,913 ++	0,952 ++	0,731	0,777
% CaO	0	0,589	0,715	0,806	0,784	0,772
	1	0,642	0,744	0,725	0,774	0,711
	2	0,581	0,704	0,688 +++	0,740	0,701
% MgO	0	0,233	0,252	0,225	0,209	0,182
	1	0,232	0,249	0,213	0,242 ++	0,206 +
	2	0,224	0,231 ++	0,202 +++	0,220	0,183

TABELLE 6.2: Kiefer – Nach Düngungsklassen aufgeschlüsselte Mittelwerte der Nährstoffgehalte (%) des Kollektivs 4 und Signifikanzniveau für die Differenz gegen ungedüngt (Probeflächenanzahl: 0/5; 1/2; 2/7).

	Dk1.	1970	1971	1972	1973	1974
% N	0	1,379	1,313	1,368	1,291	1,299
	1	1,465	1,365	1,323	1,255	1,343
	2	1,804 +++	1,547 ++	1,518 ++	1,502 +++	1,389
% P ₂ O ₅	0	0,387	0,345	0,335	0,323	0,315
	1	0,398	0,363	0,363	0,328	0,360
	2	0,449 +++	0,404 ++	0,372	0,370 +	0,334
% K ₂ O	0	0,653	0,595	0,564	0,740	0,680
	1	0,658	0,615	0,703	0,700	0,613
	2	0,804 +++	0,656	0,694 +	0,678	0,659
% CaO	0	0,414	0,452	0,515	0,577	0,503
	1	0,543	0,625 +	0,673	0,553	0,428
	2	0,560 ++	0,556 +	0,541	0,639	0,489
% MgO	0	0,203	0,189	0,171	0,190	0,175
	1	0,235	0,263 ++	0,230+	0,193	0,188
	2	0,164 +	0,187	0,161	0,187	0,171

TABELLE 7.1: Fichte – Nach Düngungsklassen aufgeschlüsselte Veränderungen der Nährstoffgehalte (%) des Kollektivs 1 gegenüber 1969 und Signifikanzniveau für die Differenz gegen ungedüngt (Probeflächenanzahl: 0/16; 1/9; 2/28).

	Dk1.	1970	1971	1972	1973	1974
% N	0	-0,026	0,002	0,006	-0,041	-0,160
	1	0,059 ++	0,071 +	0,034	-0,027	-0,103
	2	0,368 +++	0,199 +++	0,141 +++	0,122 +++	-0,022 +++
% P ₂ O ₅	0	0,065	0,047	0,016	0,015	-0,018
	1	0,062	0,047	0,014	0,007	-0,005
	2	0,102 ++	0,073 ++	0,073 ++	0,022	-0,015
% K ₂ O	0	0,066	0,012	0,029	-0,073	-0,043
	1	0,096	0,037	0,125 +	-0,027	0,049 +
	2	0,185 +++	0,090 ++	0,134 ++	-0,091	-0,041
% CaO	0	-0,073	0,046	0,140	0,079	0,081
	1	-0,074	0,064	0,048	0,066	-0,026
	2	-0,079	0,049	0,033++	0,092	0,049
% MgO	0	0,000	0,030	0,000	-0,011	-0,044
	1	-0,005	0,018	-0,027 ++	-0,009	-0,051
	2	-0,005	0,004 ++	-0,028 +++	-0,011	-0,049

TABELLE 7.2: Kiefer - Nach Düngungsklassen aufgeschlüsselte Veränderungen der Nährstoffgehalte (%) des Kollektivs 3 gegenüber 1969 und Signifikanzniveau für die Differenz gegen ungedüngt (Probeflächenanzahl: 0/2; 1/1; 2/5).

	Dk1.	1970	1971	1972	1973	1974
% N	0	-0,118	-0,188	-0,050	-0,155	-0,163
	1	0,125	0,030	0,015	-0,110	0,135 ++
	2	0,498 +++	0,294 ++	0,266 +++	0,270 +++	0,204 +++
% P ₂ O ₅	0	0,030	-0,025	-0,045	-0,053	-0,053
	1	0,065	0,040 +	0,075	0,020	0,115 +++
	2	0,116 +++	0,090 ++	0,037	0,066 +++	0,022 ++
% K ₂ O	0	0,048	0,050	-0,023	0,065	0,085
	1	0,065	0,010	0,170	0,085	0,040
	2	0,202 ++	0,046	0,061	0,036	0,019
% CaO	0	0,050	0,043	0,113	0,063	0,118
	1	0,080	0,210	0,315	0,185 +	-0,055
	2	0,186	0,188	0,150	0,234	0,102
% MgO	0	0,028	-0,005	-0,013	-0,005	-0,003
	1	0,010	0,045	0,045	0,005	-0,035
	2	-0,001	0,016	-0,014	0,031	-0,002

TABELLE 8: Fichte – Nach Düngungsklassen aufgeschlüsselte Mittelwerte der 100-Nadelgewichte (mg) und Nährstoffmengen (mg / 100 Nadeln) des Kollektivs 1 und Signifikanzniveau für die Differenz gegen ungedüngt (Probeflächenanzahl: 0/16; 1/9; 2/28).

	Dk1.	1969	1970	1971	1972	1973	1974
100 – Nadelgewicht (mg)	0	575,381	600,313	431,456	594,728	344,563	471,625
	1	585,917	667,078	456,883	613,400	369,950	479,978
	2	568,136	676,855 ++	480,979 ++	646,509 +	365,475	504,063
mg N / 100	0	8,287	8,516	6,208	8,624	4,865	6,069
Nadeln	1	8,435	9,990 +	6,943	8,902	5,224	6,346
	2	7,850	11,915 +++	7,607 +++	9,794 ++	5,518	6,825 +
mg P ₂ O ₅ /100	0	2,101	2,608	1,784	2,272	1,329	1,616
Nadeln	1	2,474	3,176 +	2,126 +	2,610 +	1,555	1,975 +
	2	2,191	3,271 +++	2,178 +++	2,929 +++	1,479	1,832
mg K ₂ O/100	0	4,751	5,383	3,637	5,091	2,605	3,651
Nadeln	1	4,594	5,765	3,679	5,523	2,779	3,977
	2	4,589	6,725 +++	4,322 ++	6,145 ++	2,610	3,898
mg CaO/100	0	3,840	3,546	3,068	4,728	2,563	3,654
Nadeln	1	4,194	4,167 +	3,522	4,626	2,912	3,311
	2	3,726	3,911	3,401	4,441	2,710	3,541
mg MgO/100	0	1,277	1,331	1,093	1,327	0,730	0,851
Nadeln	1	1,378	1,538	1,160	1,284	0,845	0,892
	2	1,296	1,516 ++	1,116	1,297	0,790	0,904

TABELLE 9: Fichte – Nach Düngungsklassen aufgeschlüsselte Veränderungen der 100-Nadelgewichte (mg) und Nährstoffmengen (mg/100 Nadeln) des Kollektivs 1 gegenüber 1969 und Signifikanzniveau für die Differenz gegen ungedüngt (Probeflächenanzahl: 0/16; 1/9; 2/28).

	Dk1.	1970	1971	1972	1973	1974
100 – Nadel- gewicht (mg)	0	24,931	-143,925	19,347	-230,819	-103,756
	1	81,161	-129,033	27,483	-215,967	-105,939
	2	108,720 +++	-87,157 ++	78,373 +	-202,661	-64,073
mg N / 100 Nadeln	0	0,229	-2,078	0,337	-3,421	-2,229
	1	1,555 +	-1,492	0,467	-3,211	-2,089
	2	4,064 +++	-0,244 +++	1,943 +++	-2,332 +	-1,025 +
mg P ₂ O ₅ /100 Nadeln	0	0,507	-0,317	0,171	-0,772	-0,485
	1	0,703	-0,348	0,137	-0,918	-0,499
	2	1,080 +++	-0,012 +	0,738+++	-0,711	-0,358
mg K ₂ O/100 Nadeln	0	0,632	-1,114	0,340	-2,146	-1,100
	1	1,171	-0,915	0,928	-1,815	-0,617
	2	2,135 +++	-0,267 +++	1,555 +++	-1,979	-0,692
mg CaO/100 Nadeln	0	-0,294	-0,771	0,889	-1,276	-0,342
	1	-0,027	-0,672	0,432	-1,282	-0,882
	2	0,186 +	-0,325+	0,715	-1,016	-0,185
mg MgO/100 Nadeln	0	0,054	-0,184	0,051	-0,546	-0,425
	1	0,160	-0,218	-0,093	-0,533	-0,486
	2	0,220 ++	-0,180	0,001	-0,507	-0,392

Kollektive 2 und 4 ausgewiesen; für diese kann allerdings kein Vergleichswert für das Jahr 1969 angegeben werden.

Die absoluten Werte der Veränderungen der Nährstoffgehalte in den Jahren 1970 bis 1974 gegenüber dem Jahr 1969 sind in den TABELLEN 7.1 und 7.2 für die Kollektive 1 und 3 ausgewiesen.

Um auch mögliche Verdünnungseffekte durch das düngungsbedingte verstärkte Nadelwachstum erfassen zu können, wurden bei den Fichtenproben über das 100-Nadelgewicht und die Nährstoffgehalte auch die Nährstoffmengen pro 100 Nadeln berechnet; in TABELLE 8 sind diese errechneten Werte neben den 100-Nadelgewichten ausgewiesen, wobei auch wieder eine statistische Mittelwertsprüfung gegenüber Düngungsklasse 0 für die Jahre 1969 bis 1974 vorgenommen wurde. In TABELLE 9 sind die Veränderungen der Nährstoffmengen des Kollektivs 1 in den Jahren 1970 bis 1974 gegenüber 1969 enthalten.

3.2.1. FICHTE

Durch die Düngung kam es auf den Flächen der Düngungsklasse 2 zu einer signifikanten Erhöhung des S t i c k s t o f f-gehaltes (% N), die im Kollektiv 1 (TABELLE 5.1 und ABBILDUNG 1) während der gesamten Berichtsperiode und im Kollektiv 2 (TABELLE 6.1) bis 1973, also vier Jahre, anhielt. Auf den Flächen der Düngungsklasse 1 war dagegen bei keinem der beiden Kollektive eine signifikante Erhöhung festzustellen. Daß aber selbst die geringen Anstiege im Stickstoffgehalt in Düngungsklasse 1 doch mit der Düngung in Zusammenhang stehen, geht aus TABELLE 7.1 hervor: Die Veränderungen im Stickstoffgehalt gegenüber 1969 sind auch bei dieser Düngungsklasse in den Jahren 1970 und 1971 signifikant verschieden von den Nullflächen. Auf den Flächen der Düngungsklasse 2 waren die Veränderungen im Stickstoffgehalt bis 1974 hoch signifikant (ABBILDUNG 2).

Wenn man dem Umstand Rechnung trägt, daß der Stickstoffwert der Düngungsklasse 0 von 1969 auf 1970 absank, dann ist für die tatsächliche Steigerung des Stickstoffgehaltes in den Düngungsklassen 1 und 2 im Kollektiv 1

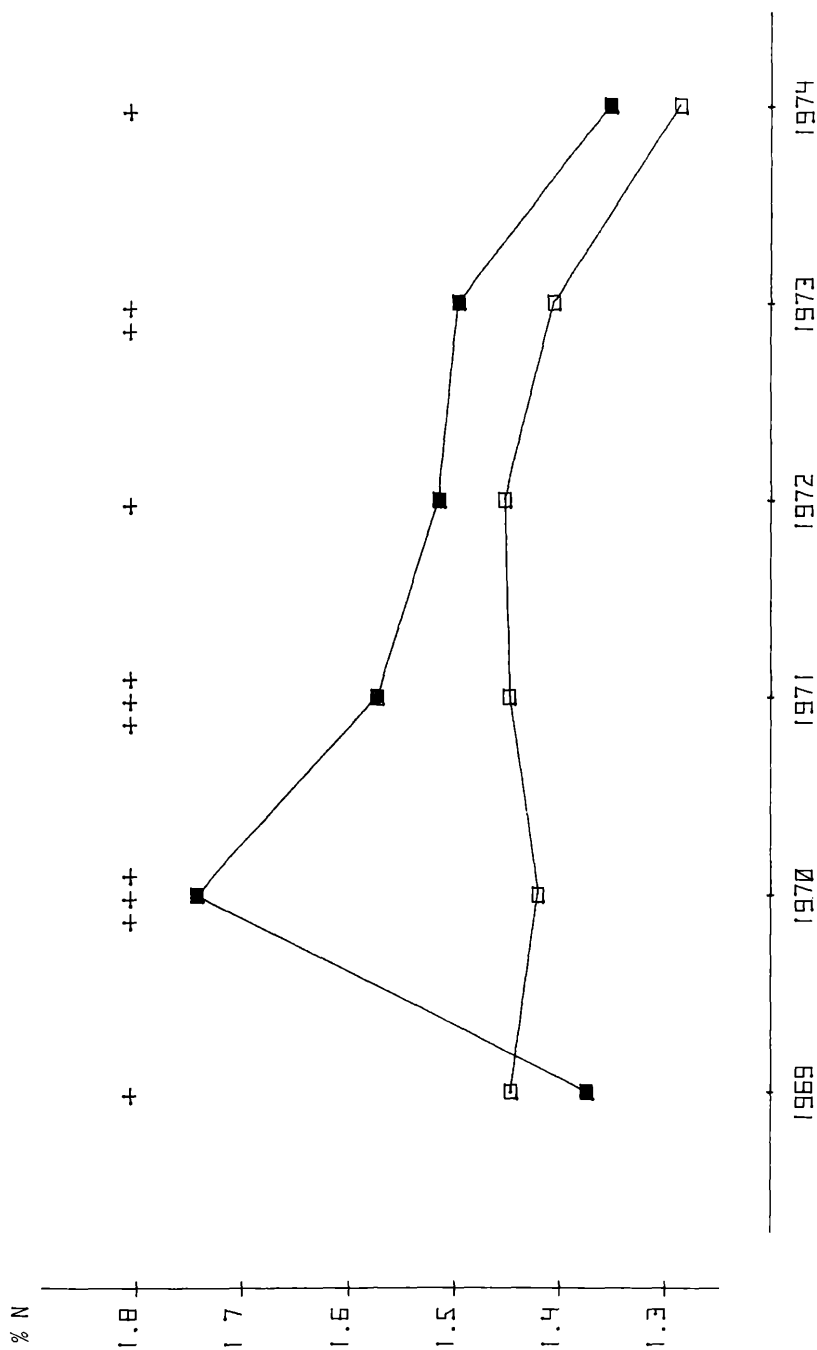


ABBILDUNG 1: Fichte - Mittelwerte des Stickstoffgehaltes der voll (●) beziehungsweise nicht (○) gedüngten Probeflächen des Kollektivs 1 und Signifikanzniveau des Unterschiedes.

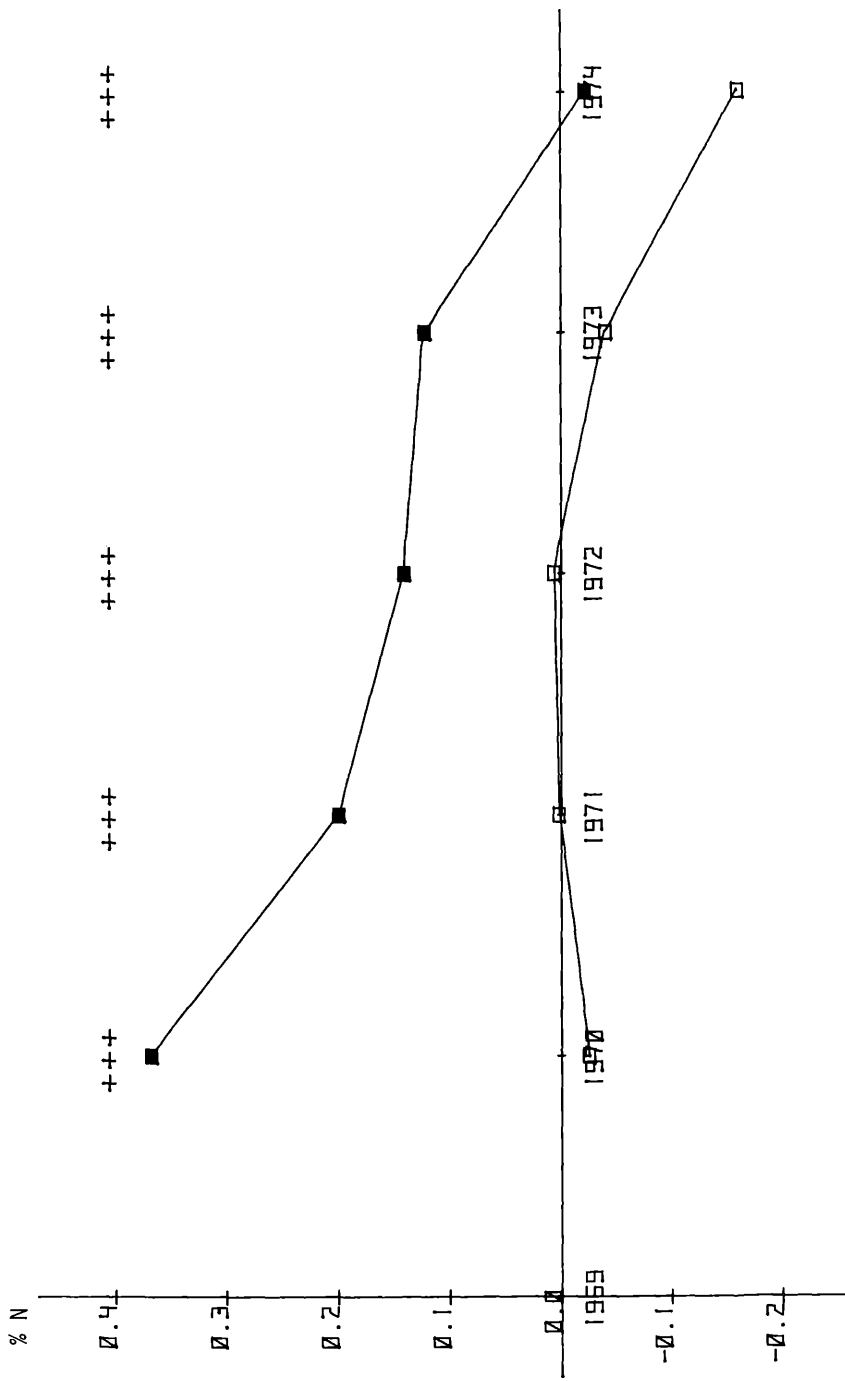
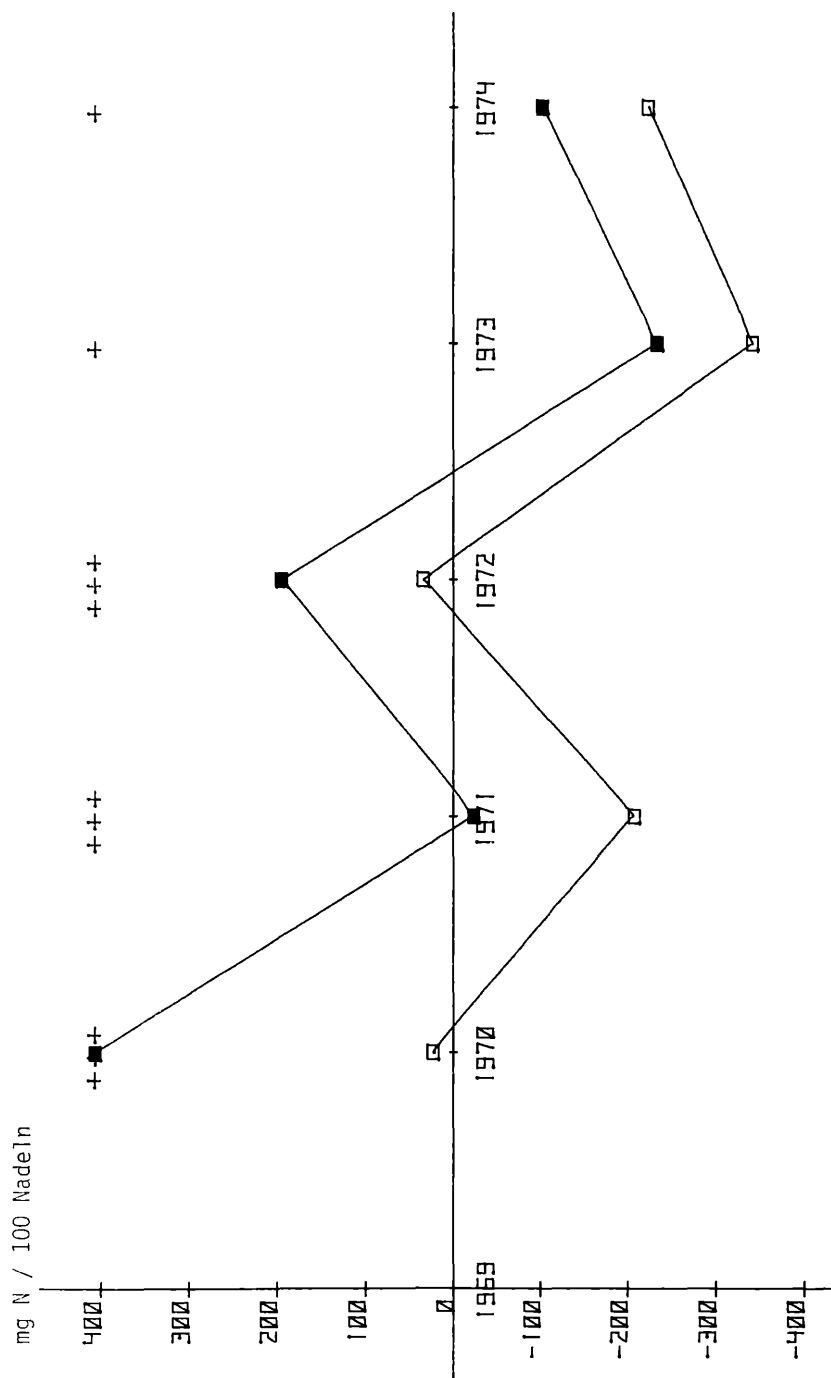


ABBILDUNG 2: Fichte - Veränderungen des Stickstoffgehaltes gegenüber 1969 der voll (●) beziehungsweise nicht (◻) gedüngten Probestellen des Kollektivs 1 und Signifikanzniveau des Unterschiedes.



ABBDLUNG 3: Fichte - Veränderungen der Stickstoffmengen je 100 Nadeln gegenüber 1969 der voll (●) beziehungsweise nicht (o) gedüngten Probestflächen des Kollektivs 1 und Signifikanzniveau des Unterschiedes.

der entsprechende Veränderungswert aus TABELLE 7.1 um den Veränderungswert von Düngungsklasse 0 erhöht anzunehmen, was einem Anstieg des Stickstoffgehaltes von rund 0,09 % N in Düngungsklasse 1 und von rund 0,4 % N in Düngungsklasse 2 infolge der Düngung bedeutet. Diese starke Steigerung bei der Düngungsklasse 2 um 0,4 % N war aber nur 1970 vorhanden; 1971 reduzierte sich diese auf rund die Hälfte und ab 1972 lag die Steigerung nur noch bei rund 0,14 % N. Dieser Anstieg des Stickstoffgehaltes zeigte im Fall der Düngungsklasse 2 zumindest für kurze Zeit eine wesentliche Verbesserung des Ernährungszustandes hinsichtlich Stickstoff im Anschluß an die Düngung. Wie aus den in TABELLE 10 angeführten relativen Häufigkeiten der Stickstoff-Flächenmittelwerte hervorgeht, lag der Flächenmittelwert bei voller Düngung 1970 bei rund 90 Prozent der Probeflächen über 1,5 % N gegenüber rund 18 Prozent im Jahre 1969 vor der Düngung, während auf den Nullflächen und schwach gedüngten Flächen keine beziehungsweise nur geringe Veränderungen auftraten.

TABELLE 10: Relative Häufigkeiten der Stickstoff-Flächenmittelwerte der Fichtenproben (Kollektiv 1) in den Jahren 1969 und 1970 in Prozenten (gerundet).

	Düngungsklasse					
	0		1		2	
% N	1969	1970	1969	1970	1969	1970
bis 1,30	12,5	12,5	22,2	22,2	35,7	0,0
1,31-1,50	62,5	62,5	44,4	33,3	46,4	10,7
1,51-1,70	25,0	25,0	33,3	33,3	17,9	35,7
1,71-1,90	0,0	0,0	0,0	11,1	0,0	28,6
über 1,90	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	25,0

Während die Steigerung des Stickstoffgehaltes von rund 0,4 % N auf den voll gedüngten Flächen nicht ganz 30 Prozent des Nullflächenmittelwertes ausmachte, lag die Steigerung der Stickstoffmenge je 100 Nadeln bei rund 45 Prozent des Nullflächenmittelwertes von 1970 (TABELLEN 8 und 9, ABBILDUNG 3). Bei den Stickstoffmengen je 100 Nadeln ergab sich auch bei den Flächen der Düngungsklasse 1 ein signifikant höherer Wert als auf den Nullflächen.

% P₂O₅

0.50
0.45
0.40
0.35

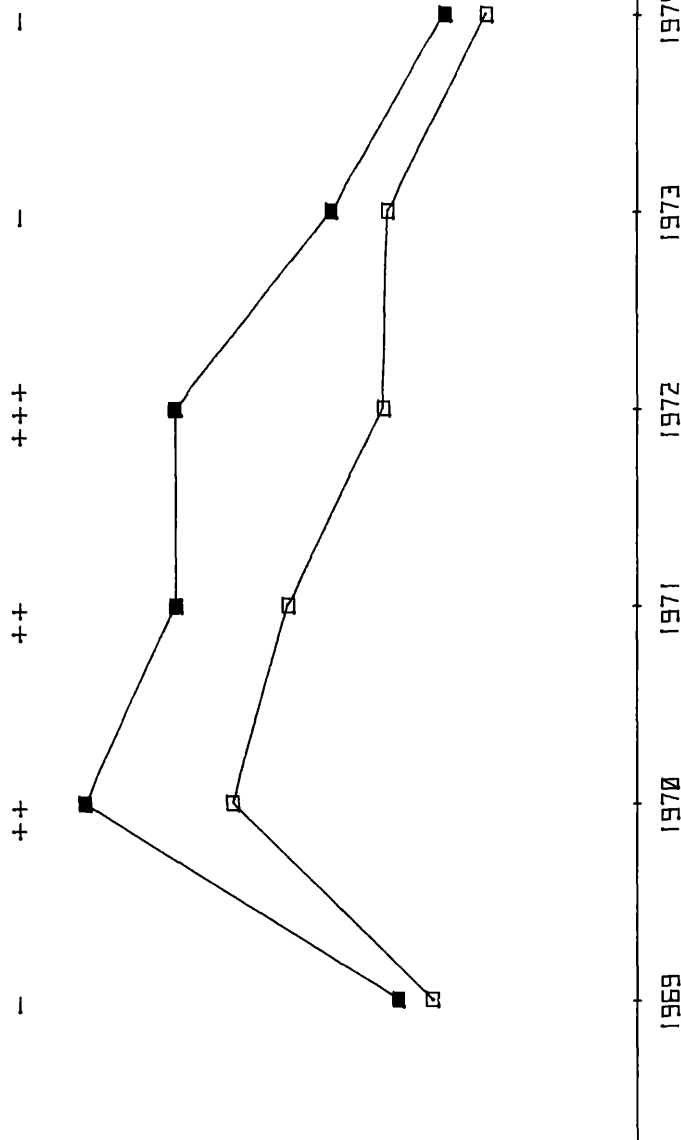


ABBILDUNG 4: Fichte - Mittelwerte des Phosphorgehaltes der voll (●) beziehungsweise nicht (○) gedüngten Probeflächen des Kollektivs I und Signifikanzniveau des Unterschiedes.

Eine signifikante Erhöhung des P h o s p h o r-gehaltes trat infolge der Düngung nur auf den vollgedüngten Flächen in den ersten drei Jahren nach der Düngung sowohl in Kollektiv 1 als auch in Kollektiv 2 auf (TABELLEN 5.1 und 6.1, ABBILDUNG 4). Auf den Flächen der Düngungsklasse 1 lag zwar der Phosphorgehalt in vier von fünf Jahren ebenfalls signifikant über dem der Nullflächen, dieser Umstand ist aber mit dem bereits 1969 signifikant höheren Phosphorgehalt auf dieser Flächengruppe zu erklären und wird auch durch die Tatsache erhärtet, daß bei den Veränderungen des Phosphorgehaltes ab 1970 gegenüber 1969 zwischen den Nullflächen und den schwach gedüngten Flächen im Gegensatz zu den Flächen der Düngungsklasse 2 keine signifikanten Unterschiede bestehen (TABELLE 7.1, ABBILDUNG 5). Auch bei den Phosphormengen je 100 Nadeln (TABELLE 8) ist zwar ein signifikanter Unterschied zwischen Nullflächen und den Flächen der Düngungsklasse 1 zu konstatieren, die Veränderungen der Phosphormengen (TABELLE 9) waren bei diesen beiden Flächengruppen aber nach der Düngung nicht signifikant verschieden. Bei den Flächen der Düngungsklasse 2 kam es dagegen 1970 zu einem Anstieg der Phosphormenge je 100 Nadeln von rund 20 Prozent des Nullflächenwertes. Ebenso wie beim Phosphorgehalt waren auch die Phosphormengen je 100 Nadeln und ihre Veränderungen gegenüber 1969 bei dieser Düngungsklasse von 1970 bis 1972 signifikant verschieden von denen der Düngungsklasse 0.

Im K a l i u m-gehalt kam es ebenfalls nur bei den Flächen der Düngungsklasse 2 zu einer signifikanten Erhöhung bis 1972, die aber im Kollektiv 1 nur 1970 und 1972 bestand (TABELLEN 5.1 und 6.1, ABBILDUNG 6) und unter Berücksichtigung der Veränderung der Düngungsklasse 0 1970 rund 0,11 % K_2O (13 % des Nullflächenwertes) betrug. Bei den Veränderungen der Nährstoffgehalte gegenüber 1969 und bei den Kaliummengen je 100 Nadeln und ihren Veränderungen war aber auch beim Kollektiv 1 in der Düngungsklasse 2 für alle drei Jahre eine signifikante Anhebung gegenüber den Nullflächen zu konstatieren (TABELLEN 7.1, 8 und 9, ABBILDUNG 7). Die prozentuelle Erhöhung der Kaliummenge je 100 Nadeln lag in der Düngungsklasse 2 von 1970 bis 1972 bei rund 25 Prozent des Nullflächenwertes und damit deutlich über der Steigerungsrate des Absolutgehaltes.

Die Werte des C a l z i u m-gehaltes lagen 1972 und 1974 auf den voll-

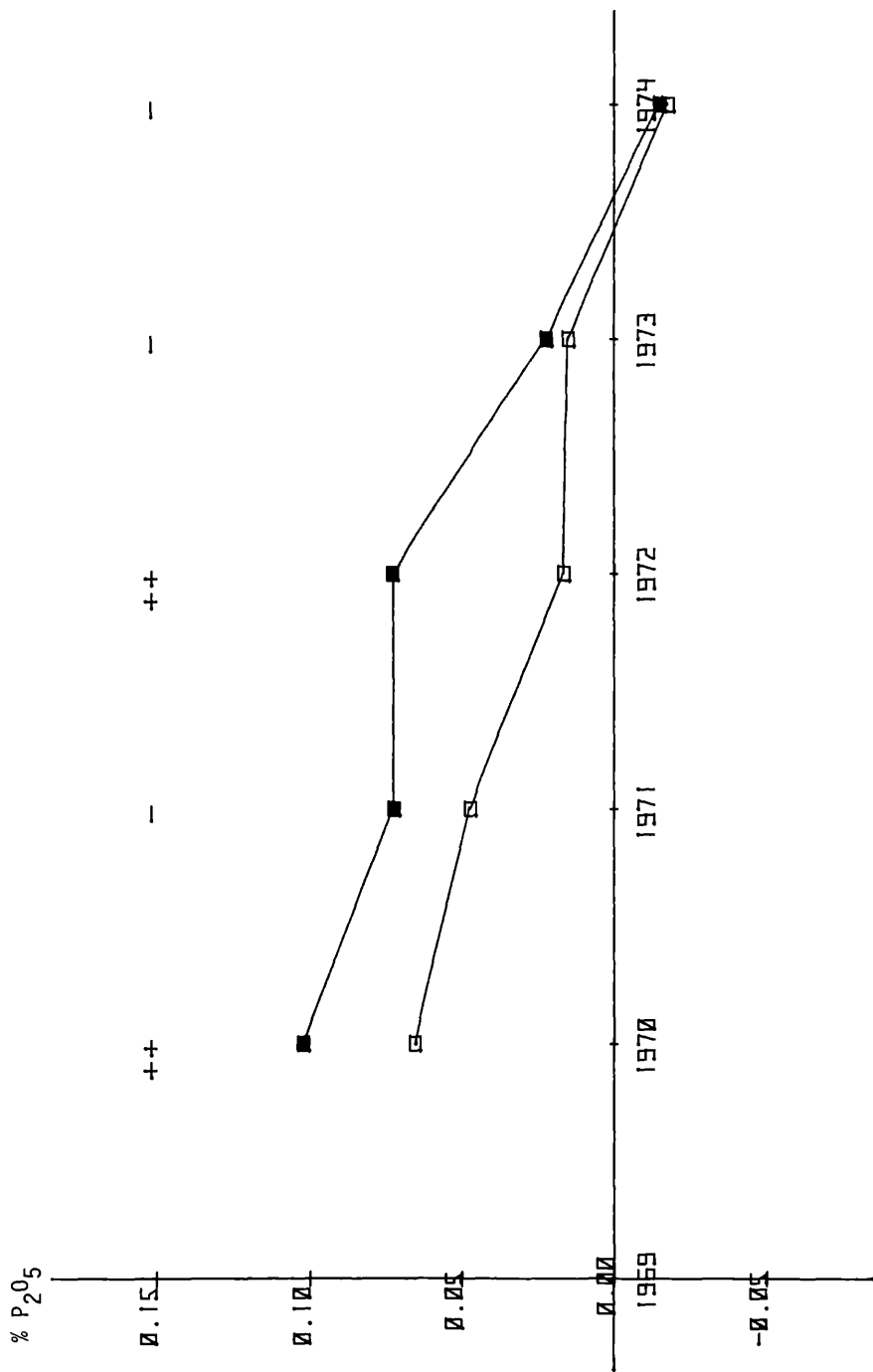


ABBILDUNG 5: Fichte - Veränderungen des Phosphorgehaltes gegenüber 1969 der voll (●) beziehungsweise nicht (○) gedüngten Probestellen des Kollektivs 1 und Signifikanzniveau des Unterschiedes.

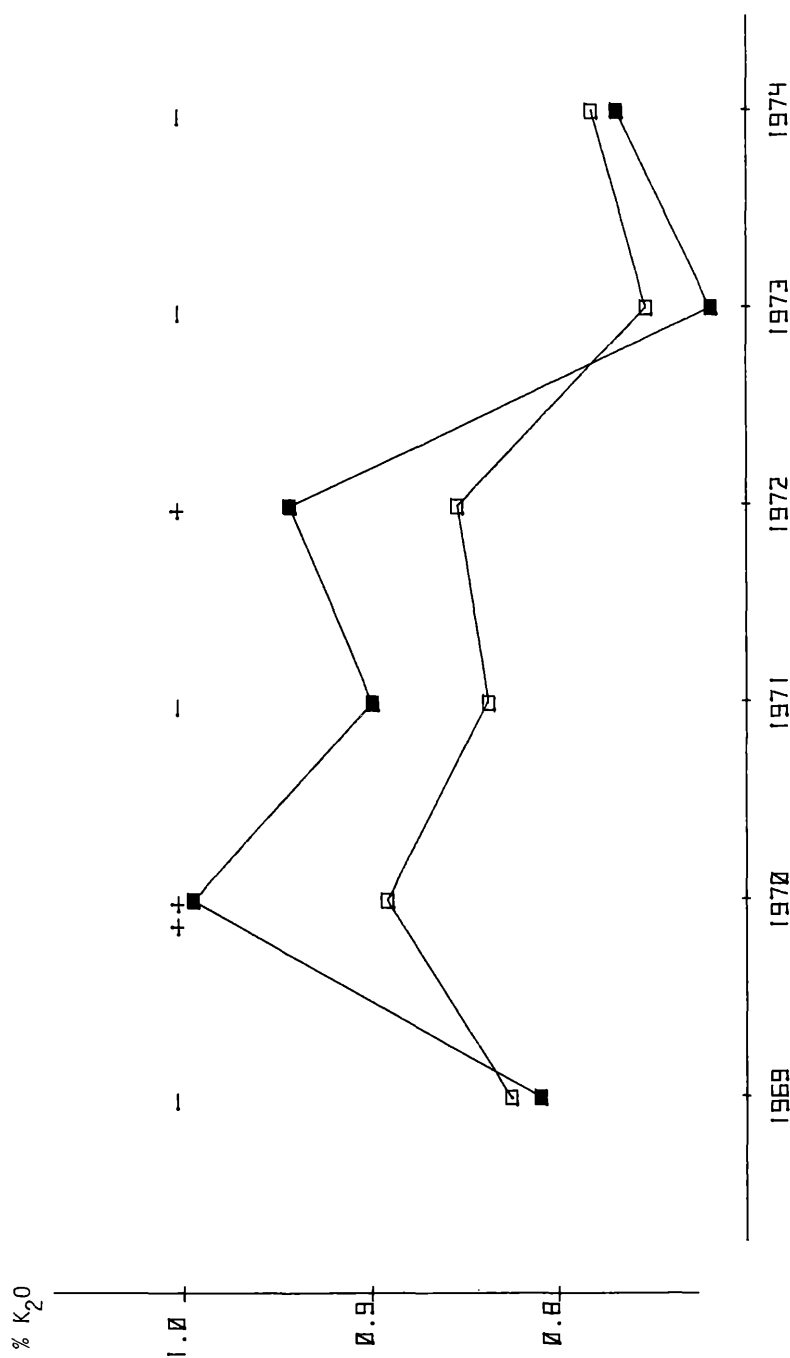


ABBILDUNG 6: Fichte - Mittelwerte des Kaliumgehaltes der voll (●) beziehungsweise nicht (○) gedüngten Probeflächen des Kollektivs 1 und Signifikanzniveau des Unterschiedes.

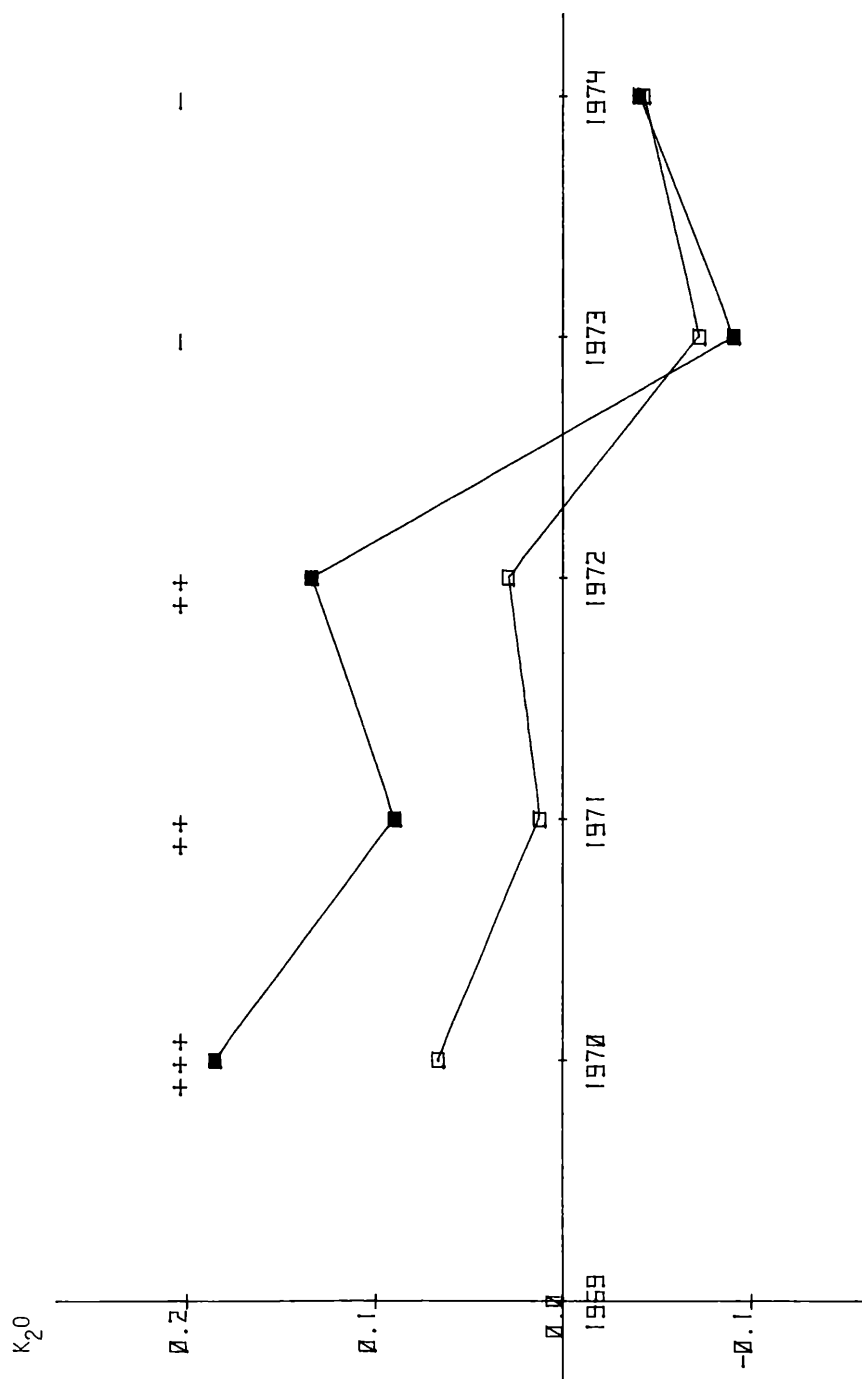


ABBILDUNG 7: Fichte – Veränderungen des Kaliumgehaltes gegenüber 1969 der voll (●) beziehungsweise nicht (○) gedüngten Probeflächen des Kollektivs 1 und Signifikanzniveau des Unterschiedes.

gedüngten Flächen mindestens 10 Prozent unter denen der ungedüngten Flächen (TABELLEN 5.1 und 6.1), der Unterschied ist jedoch nur 1972 gesichert. Auch auf den schwach gedüngten Probeflächen kam es in diesen beiden Jahren zu Absenkungen des Kalziumgehaltes, die sich aber auf Grund der höheren Kalziumversorgung dieser Probengruppe im Jahre 1969 nicht absichern lassen. Die Veränderungen gegenüber 1969 lassen außer für 1972 keine Unterschiede in der Kalziumversorgung erkennen (TABELLE 7.1, ABBILDUNG 8). In den Kalziummengen je 100 Nadeln kam es bei den Proben der Düngungsklasse 2 nach der Düngung nur 1972 zu einer Verringerung im Vergleich zu den Nullflächen (TABELLE 8). Bei den Veränderungen der Kalziummengen gegenüber 1969 kam es bei dieser Düngungsklasse zu signifikant geringeren Absenkungen als auf den Nullflächen (TABELLE 9). Signifikant höhere Kalziummengen je 100 Nadeln waren nur auf den schwach gedüngten Flächen 1970 zu konstatieren, was aber mit den bereits 1969 vorhandenen größeren Mengen zu erklären ist.

Bei den Werten des M a g n e s i u m-gehaltes kam es bereits früher als beim Kalziumgehalt, nämlich 1971 und auch 1972, zu einer signifikanten Absenkung auf den Flächen der Düngungsklasse 2 (TABELLEN 5.1 und 6.1). Während bei den schwach gedüngten Proben des Kollektivs 1 (TABELLE 5.1) keine signifikanten Unterschiede zu den Nullflächen bestanden, kam es beim Kollektiv 2 (TABELLE 6.1) in den Jahren 1973 und 1974 zu signifikant höheren Werten, die aber auf Grund des Fehlens der Ausgangsdaten von 1969 für diese Gruppe nicht schlüssig erklärt werden können. Auch bei den Veränderungen gegenüber 1969 kam es bei den Flächen der Düngungsklasse 2 zu signifikanten Unterschieden in den Jahren 1971 und 1972 gegenüber den ungedüngten Flächen (TABELLE 7.1, ABBILDUNG 9). Im Gegensatz zu den Absolutgehalten war dies 1972 auch bei den Veränderungen der schwach gedüngten Flächen der Fall. Bei den Magnesiummengen je 100 Nadeln war im Gegensatz zu den Gehalten im Jahr 1970 auf Grund des Anstiegs des 100-Nadelgewichts auf den Flächen der Düngungsklasse 2 sogar eine signifikant höhere Magnesiummenge vorhanden (TABELLE 8), was sich auch bei den Veränderungen der Magnesiummengen in einem signifikanten Unterschied auswirkte (TABELLE 9).

Auf den Flächen der Düngungsklasse 2 wirkte sich die Düngung mit Stickstoff, Phosphor und Kalium nicht nur in signifikant höheren Gehalten und

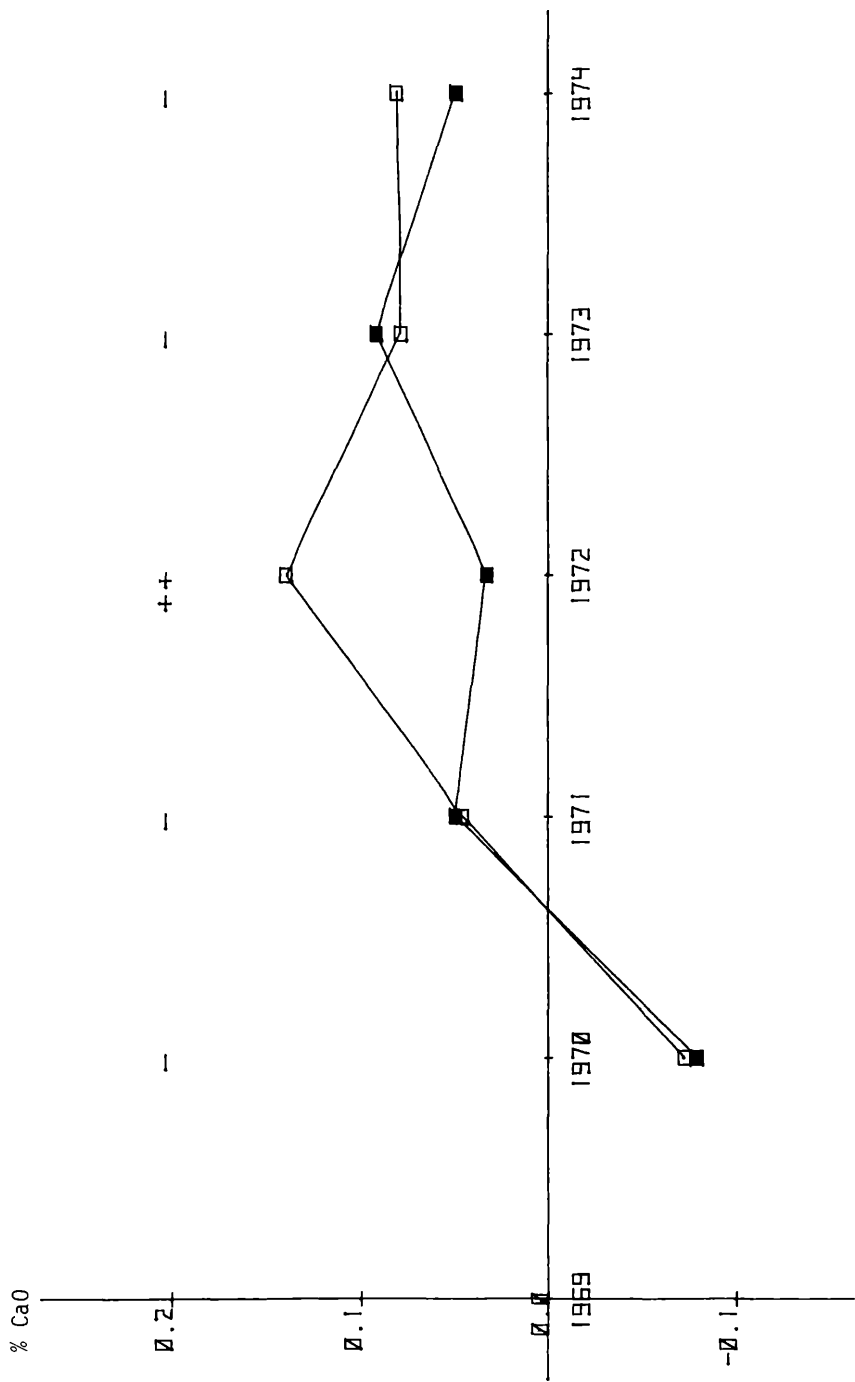


ABBILDUNG 8: Fichte - Veränderungen des Kalziumgehaltes gegenüber 1969 der voll (●) beziehungsweise nicht (○) gedüngten Probestflächen des Kollektivs 1 und Signifikanzniveau des Unterschiedes.

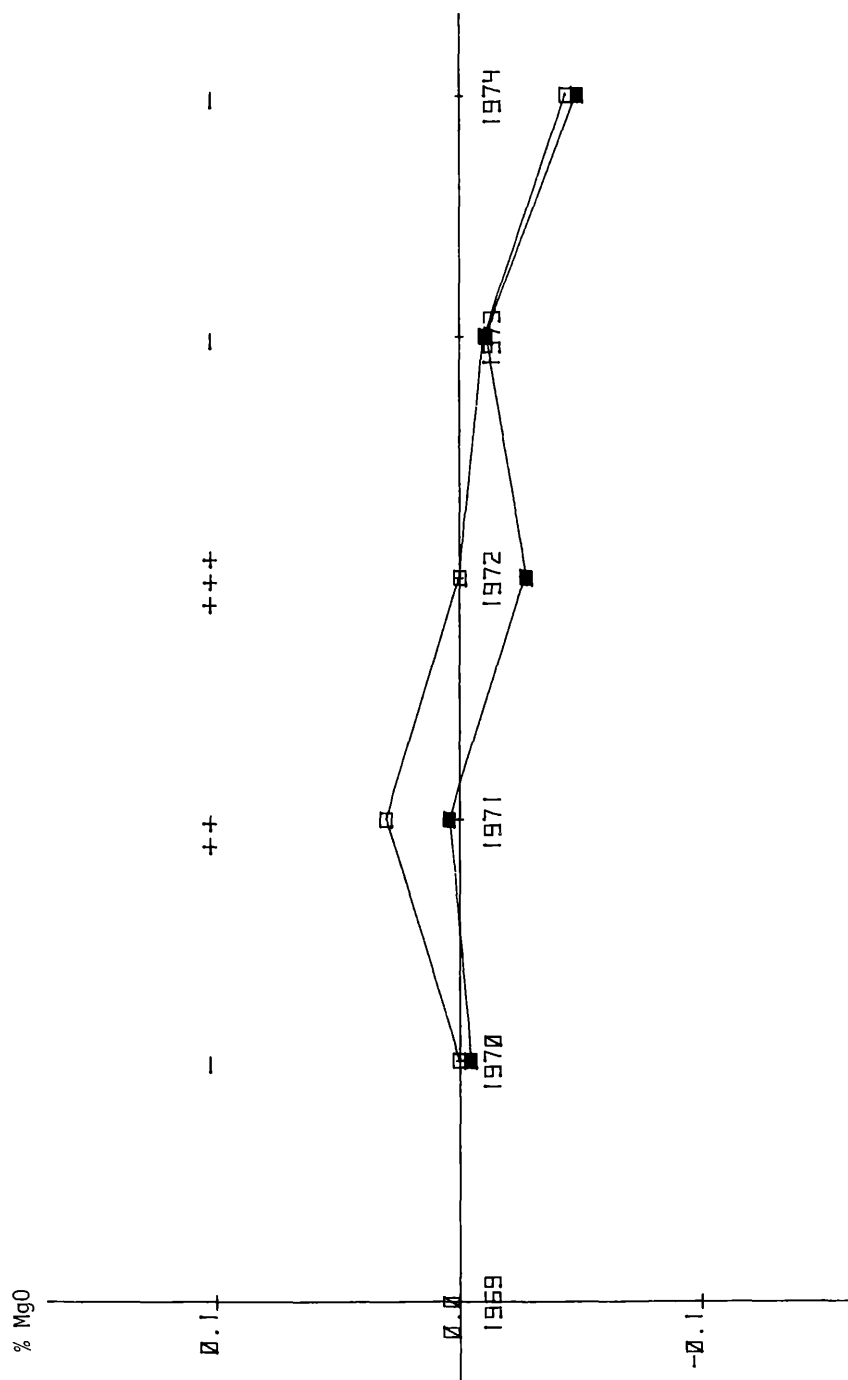


ABBILDUNG 9: Fichte - Veränderungen des Magnesiumgehaltes gegenüber 1969 der voll (●) beziehungsweise nicht (○) gedüngten Probestellen des Kollektivs 1 und Signifikanzniveau des Unterschiedes.

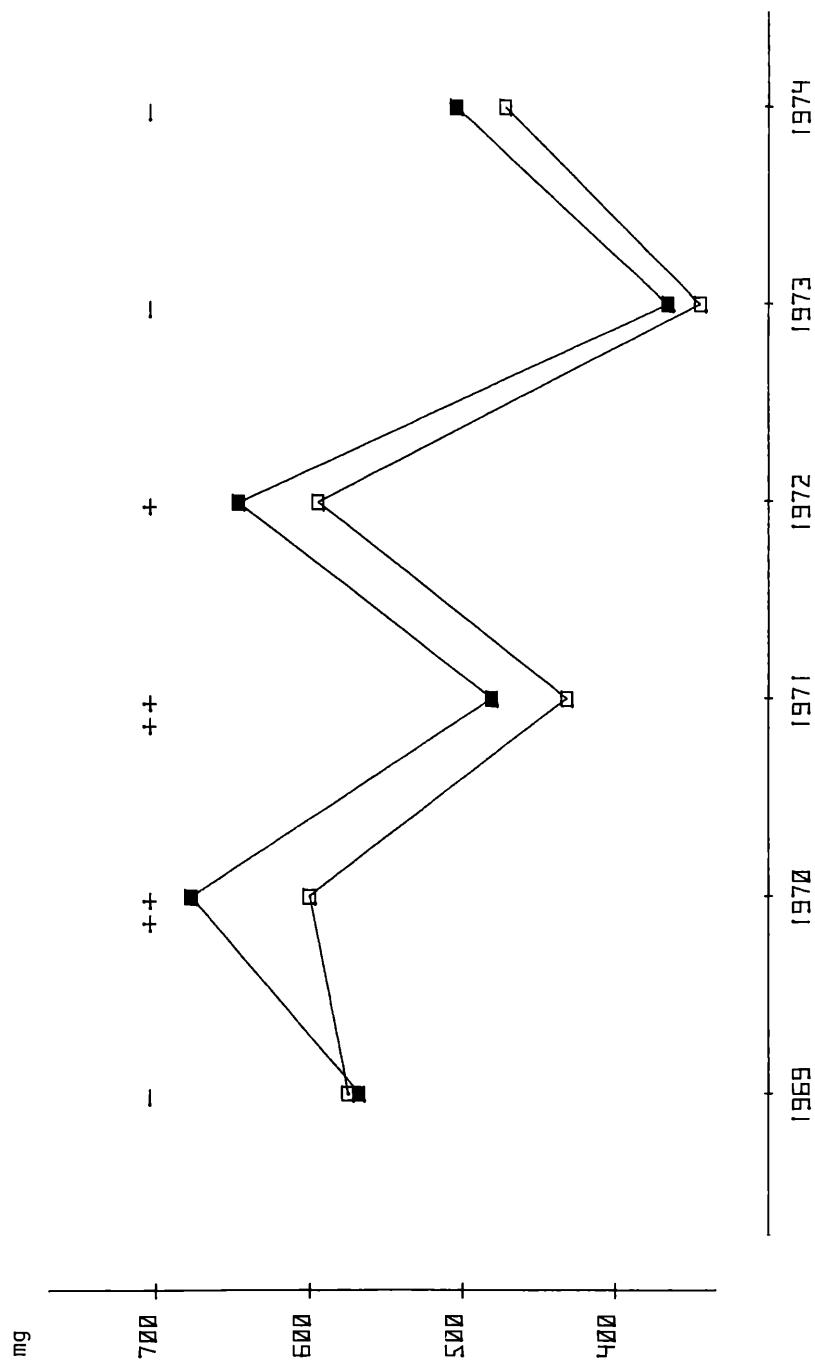


ABBILDUNG 10: Fichte - Mittelwerte der 100-Nadelgewichte der voll (●) beziehungsweise nicht (○) gedüngten Probeflächen des Kollektivs 1 und Signifikanzniveau des Unterschiedes.

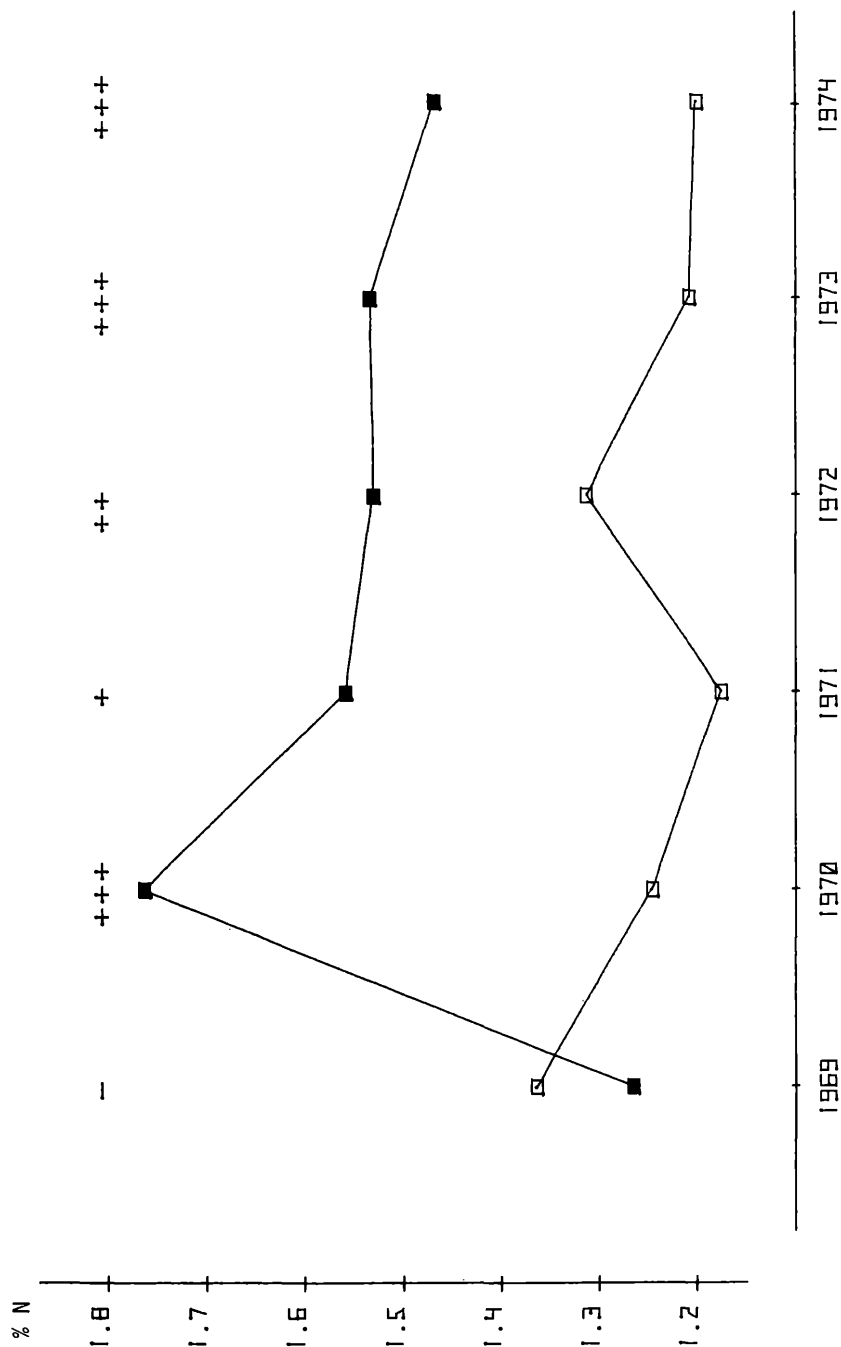


ABBILDUNG 11: Kiefer - Mittelwerte des Stickstoffgehaltes der voll (●) beziehungsweise nicht (○) gedüngten Probestflächen des Kollektivs 3 und Signifikanzniveau des Unterschiedes.

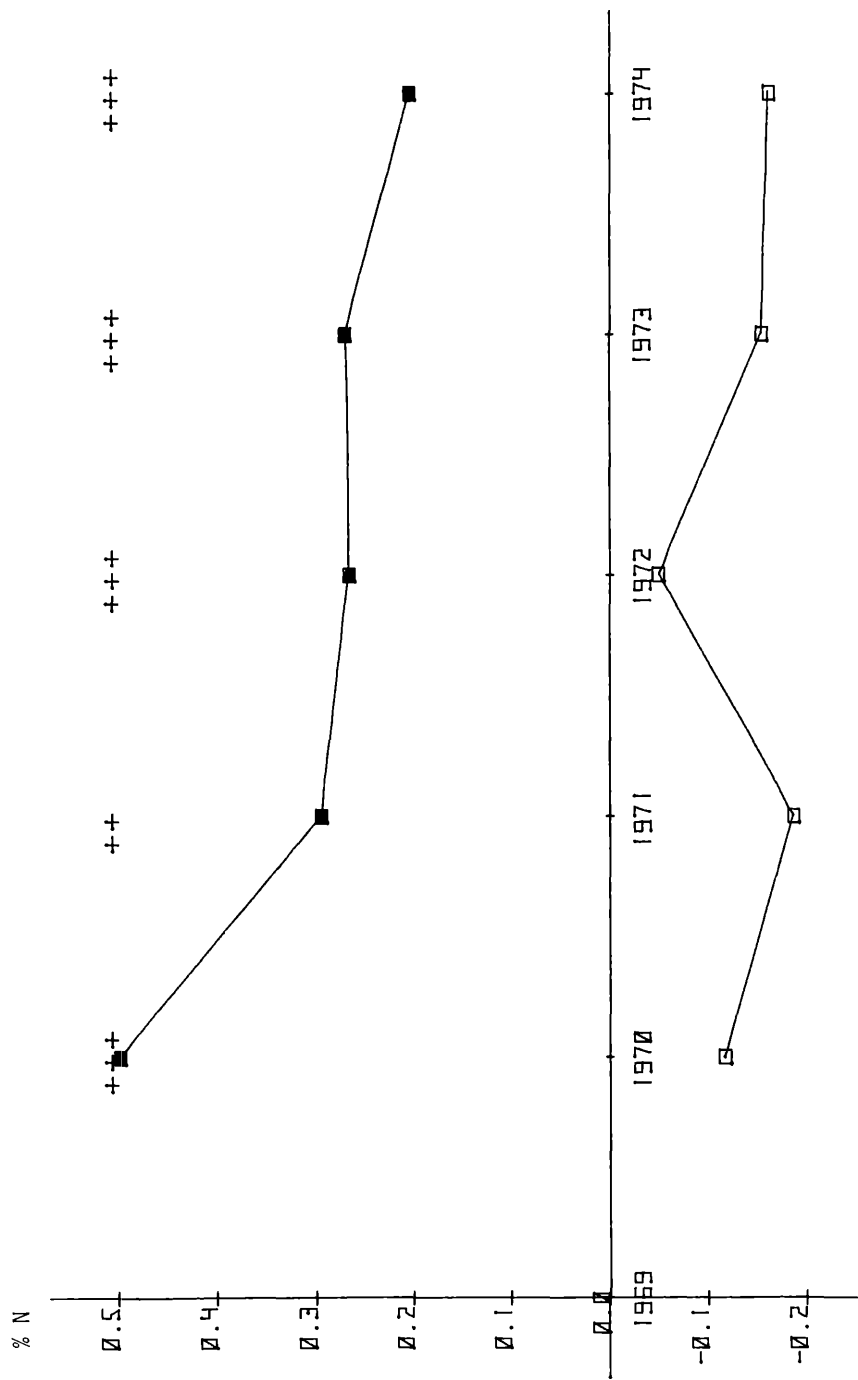


ABBILDUNG 12: Kiefer - Veränderungen des Stickstoffgehaltes gegenüber 1969 der voll (●) beziehungsweise nicht (○) gedüngten Probestellen des Kollektivs 3 und Signifikanzniveau des Unterschiedes.

größeren Mengen dieser Elemente aus, sondern auch das 100 - N a d e l g e - w i c h t lag ab 1970 immer über dem der Nullflächen (ABBILDUNG 10); im Kollektiv 1 waren die 100-Nadelgewichte auf den Flächen der Düngungsklasse 2 in den ersten drei Jahren nach der Düngung signifikant erhöht, während es im Kollektiv 2 nur 1970 und 1974 signifikant höhere 100-Nadelgewichte bei den vollgedüngten Proben gab (TABELLEN 8 und 9).

3.2.2. KIEFER

Um die gegenüber den Fichtenflächen unterschiedliche Aussagekraft der von den Kiefernflächen gewonnenen Resultate deutlich zu machen, sei an dieser Stelle nochmals darauf verwiesen, daß es sich nur um 8 (ab 1969) bearbeitete Probeflächen im Kollektiv 3 beziehungsweise 14 (ab 1970) bearbeitete Probeflächen im Kollektiv 4 handelte.

Wie aus den TABELLEN 5.2 beziehungsweise 6.2 und ABBILDUNG 11 hervorgeht, kam es bei den vollgedüngten Flächen (ebenso wie bei Fichte) zu einer signifikanten Anhebung des S t i c k s t o f f-gehaltes in vier (Kollektiv 4) beziehungsweise fünf (Kollektiv 3) Jahren. Von einem geringeren Stickstoffwert als die Flächen der Düngungsklasse 2 im Kollektiv 1 im Jahre 1969 ausgehend, wurde 1970 annähernd der gleiche Wert erreicht, was unter Berücksichtigung der Veränderungen der Kiefern-Nullflächen von 1969 auf 1970 eine Steigerung von rund 0,6 % N bedeutet. Auch die Veränderungen im Stickstoffgehalt gegenüber 1969 lagen in der Düngungsklasse 2 bei den Kiefernproben wesentlich höher als bei den Fichtenproben (TABELLE 7.2, ABBILDUNG 12). Sie waren bis einschließlich 1974 immer hoch signifikant gesichert. Auch auf der schwach gedüngten Kiefernfläche war 1970 und 1971 bei Berücksichtigung der Veränderungen auf den Nullflächen ein Anstieg von 0,21 % N gegenüber den Flächen der Düngungsklasse 0 zu konstatieren, wobei aber die Signifikanzschwelle nicht überschritten wurde. Erst 1974, als es auf der schwach gedüngten Kiefernfläche zu einem neuerlichen Anstieg im Stickstoffgehalt kam, lag der Stickstoffwert dieser Düngungsklasse, ebenso wie der Wert für die Veränderung gegenüber 1969, gesichert über dem der Nullflächen.

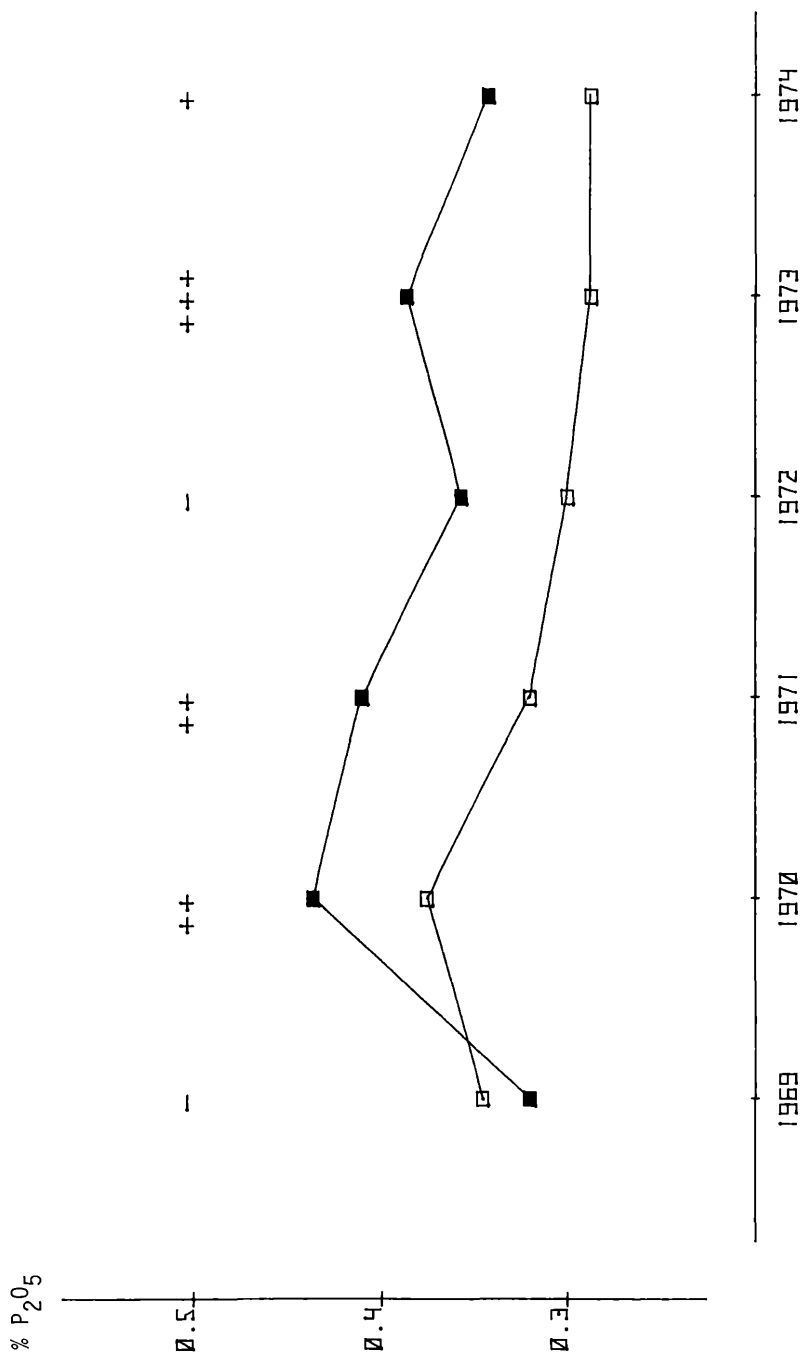


ABBILDUNG 13: Kiefer - Mittelwerte des Phosphorgehaltes der voll (●) beziehungsweise nicht (○) gedüngten Probestellen des Kollektivs 3 und Signifikanzniveau des Unterschiedes.

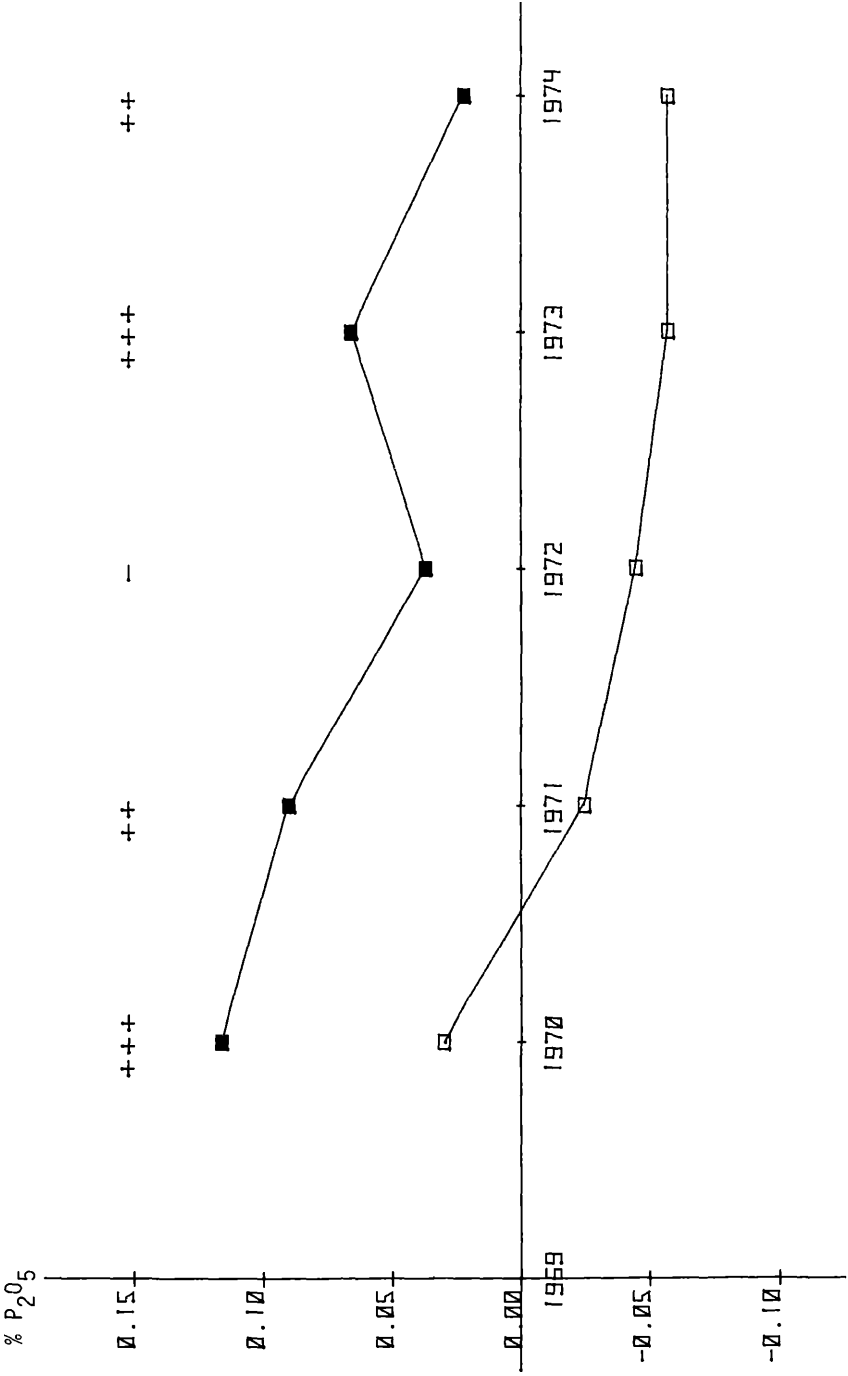


ABBILDUNG 14: Kiefer - Veränderungen des Phosphorgehaltes gegenüber 1969 der voll (●) beziehungsweise nicht (○) gedüngten Probestflächen des Kollektivs 3 und Signifikanzniveau des Unterschiedes.

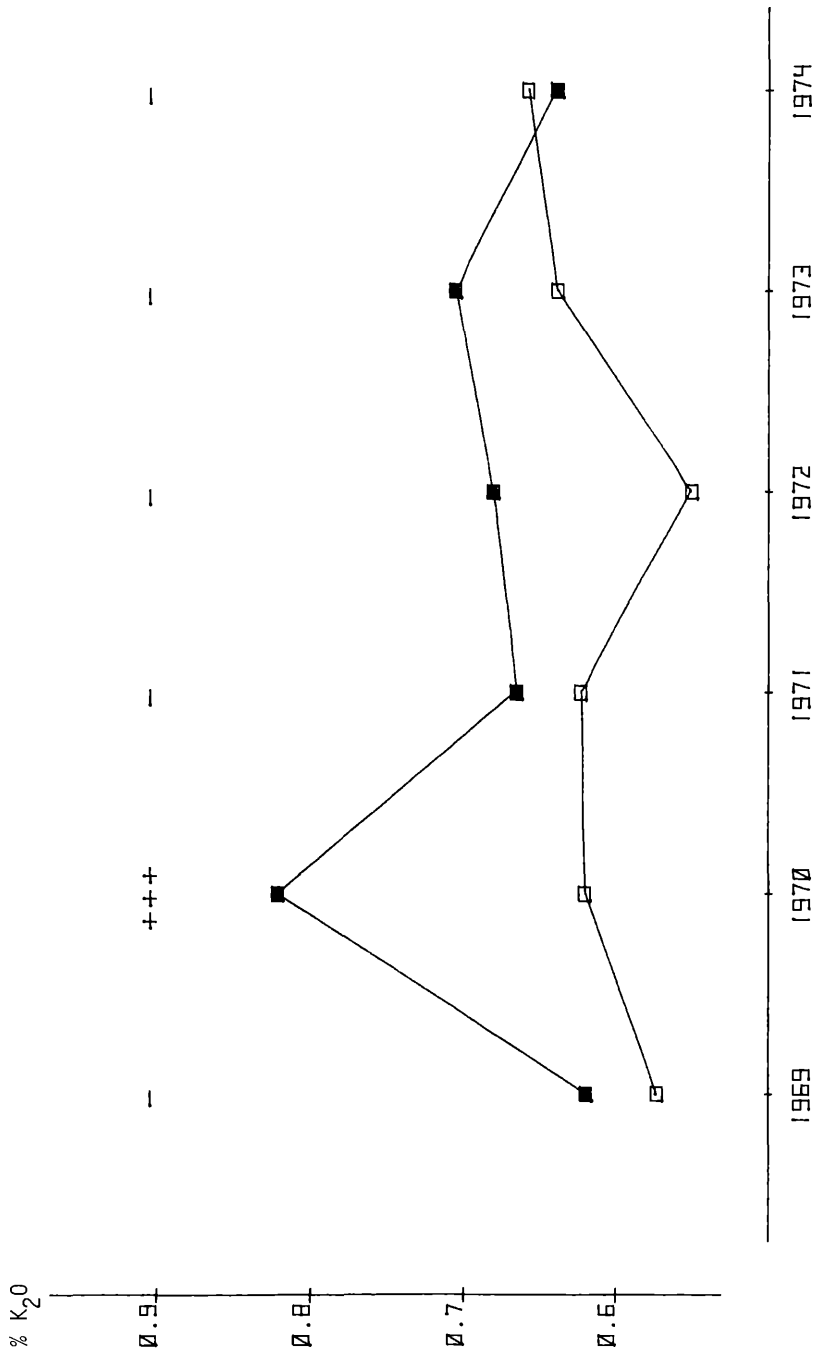


ABBILDUNG 15: Kiefer - Mittelwerte des Kaliumgehaltes der voll (●) beziehungsweise nicht (○) gedüngten Probestellen des Kollektivs 3 und Signifikanzniveau des Unterschiedes.

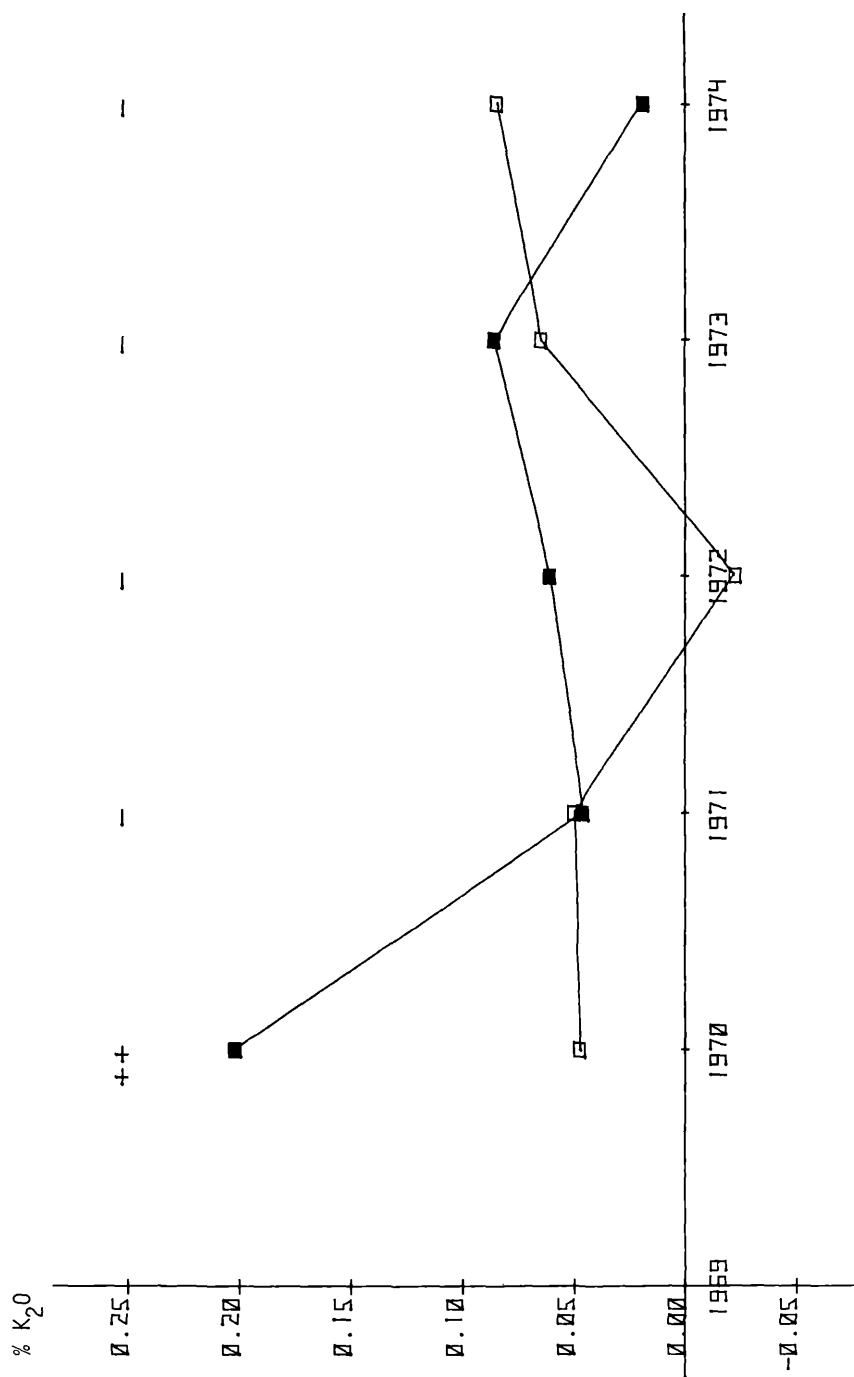


ABBILDUNG 16: Kiefer - Veränderungen des Kaliumgehaltes gegenüber 1969 der voll (●) beziehungsweise nicht (□) gedüngten Probestellen des Kollektivs 3 und Signifikanzniveau des Unterschiedes.

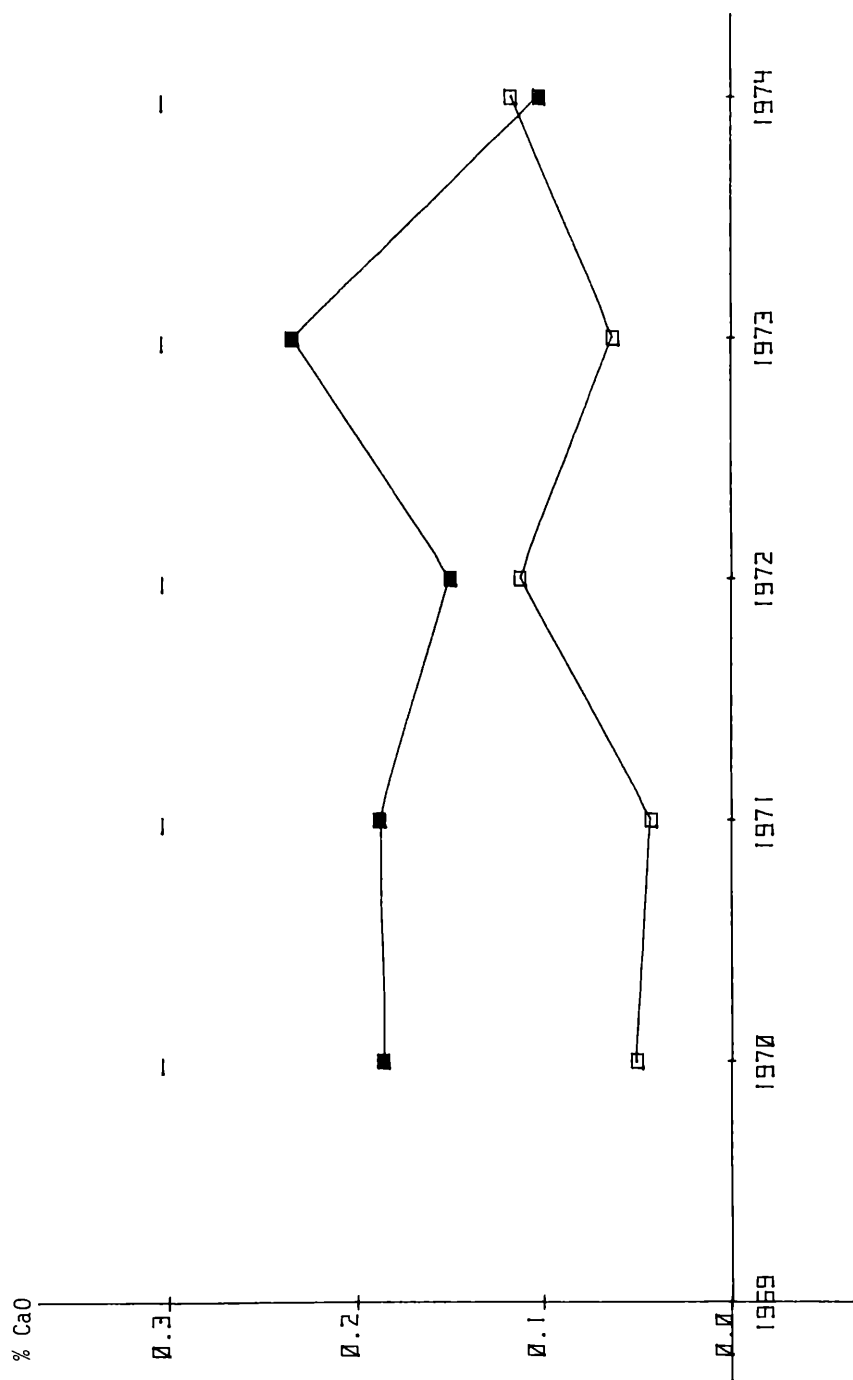


ABBILDUNG 17: Kiefer - Veränderungen des Calciumgehaltes gegenüber 1969 der voll (●) beziehungsweise nicht (o) gedüngten Probestellen des Kollektivs 3 und Signifikanzniveau des Unterschiedes.

Auch im P h o s p h o r-gehalt kam es auf den Kiefernflächen bei den Flächen der Düngungsklasse 2 zu einer länger anhaltenden Düngerwirkung als auf den vergleichbaren Fichtenflächen. Im Kollektiv 3 lag der Phosphorgehalt mit Ausnahme des Jahres 1972 auf den Flächen der Düngungsklasse 2 immer signifikant über dem der Nullflächen (TABELLE 5.2, ABBILDUNG 13). Im Kollektiv 4 bestand außer 1972 auch 1974 kein gesicherter Unterschied in den Phosphorgehalten von ungedüngten und vollgedüngten Proben (TABELLE 6.2). Die Veränderungen gegenüber 1969 waren bei voller Düngung in den Jahren 1970, 1971, 1973 und 1974 signifikant verschieden zu denen der Nullflächen (TABELLE 7.2, ABBILDUNG 14). In der Düngungsklasse 1 des Kollektivs 3 ergab sich analog zu den Stickstoffwerten des Jahres 1974 auch bei Phosphor ein signifikanter Unterschied (TABELLE 5.2). Im Kollektiv 4 ergab sich jedoch in den Phosphorgehalten der schwach gedüngten Kiefernflächen kein signifikanter Unterschied zu den Nullflächen.

Im K a l i u m-gehalt war bei Kiefer in der Düngungsklasse 2 im Kollektiv 3 (TABELLE 5.2, ABBILDUNG 15) nur 1970 und im Kollektiv 4 (TABELLE 6.2) auch noch 1972 ein signifikant höherer Wert als auf den Nullflächen zu konstatieren. Auch die Veränderungen gegenüber 1969 waren nur im Fall der Düngungsklasse 2 1970 signifikant anders als die der Nullflächen (TABELLE 7.2, ABBILDUNG 16).

Während es auf den Fichtenflächen im Anschluß an die Düngung zu Absenkungen im C a l z i u m-gehalt gekommen war, kam es auf den gedüngten Kiefernflächen, sowohl auf den voll als auch auf den schwach gedüngten, zu signifikant höheren Werten im Calciumgehalt als auf den Nullflächen (TABELLEN 5.2 und 6.2). Wie aus TABELLE 7.2 und ABBILDUNG 17 ersichtlich ist, waren die zum Teil größeren Veränderungen des Calciumgehaltes gegenüber 1969 auf den vollgedüngten Flächen nicht signifikant von denen der Nullfläche verschieden.

Da die M a g n e s i u m-gehalte der Proben bei den Düngungsklassen 1 und 2 eine stark unterschiedliche Tendenz aufweisen (TABELLEN 5.2 und 6.2), erhebt sich die Frage, ob die zu den Nullflächen signifikanten Differenzen in beiden Klassen des Kollektivs 4 mit der Düngung in Zusammenhang stehen. Das Kollektiv 3 jedenfalls weist weder in den Absolut-

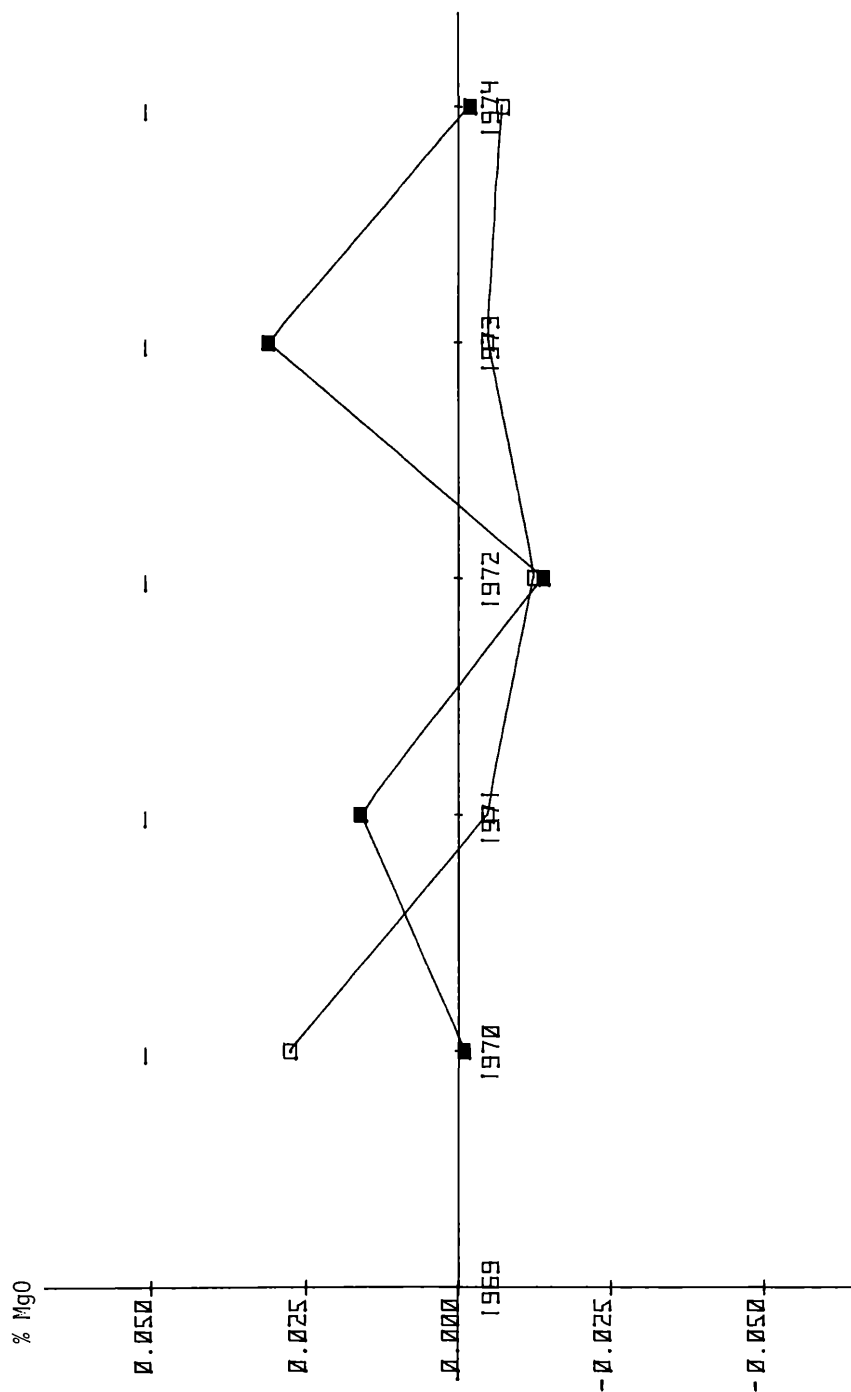


ABBILDUNG 18: Kiefer - Veränderungen des Magnesiumgehaltes gegenüber 1969 der voll (●) beziehungsweise nicht (○) gedüngten Probeflächen des Kollektivs 3 und Signifikanzniveau des Unterschiedes.

gehalten noch in den Veränderungen signifikante Unterschiede zu den Nullflächen auf (ABBILDUNG 18).

3.3. BEURTEILUNG DER NÄHRSTOFFVERSORGUNG NACH DER DÜNGUNG

Bei beiden Baumarten konnte auf den vollgedüngten Probeflächen eine langfristige Verbesserung der Stickstoffversorgung, die nach den Erhebungsdaten von 1969 bei 70 Prozent der Fichtenflächen und allen Kiefernflächen ursprünglich nicht ausreichend war, erzielt werden. Für den gesamten Berichtszeitraum war in Düngungsklasse 2 bei Fichte und Kiefer eine signifikant höhere Stickstoffversorgung im Vergleich zu den Nullflächen vorhanden. Der Grenzwert für eine ausreichende Versorgung konnte aber nicht in allen Fällen und vor allem nicht für längere Zeit erreicht beziehungsweise überschritten werden. Die größere Steigerung im Stickstoffgehalt der Kiefernadeln gegenüber Fichte entspricht den Ergebnissen von MATERNA (1965), der in Fichte-Kiefer-Mischbeständen in Böhmen einen signifikant höheren Stickstoffgehalt der Kiefernadeln feststellte. Verdünnungseffekte beziehungsweise Verschiebungen in den Nährstoffmengen zueinander, die bei einer gesteigerten Stickstoffzufuhr möglich gewesen wären (JUNG und RIEHLE, 1966), traten auf Grund der Anwendung eines Mischdüngers nicht auf.

4. ZUSAMMENFASSUNG

Für die Erstellung des Düngungsplanes und für die Kontrolle der Düngewirkung wurden beim Düngungsversuch Pinkafeld jährlich (von 1969 bis 1974) im Herbst Nadelproben von identen Bäumen (Fichte und Kiefer) auf den vom Institut für Ertrag und Betriebswirtschaft eingerichteten Probeflächen gewonnen und auf ihren Gehalt von Stickstoff, Phosphor, Kalium, Calcium und Magnesium untersucht. Von den Fichtennadelproben wurde auch noch das 100-Nadelgewicht bestimmt. Vor der Düngung bestand bei der Mehrzahl der Flächen vor allem eine nicht ausreichende oder mangelhafte Stickstoffversorgung, während bei den anderen untersuchten Elementen kein Mangel und nur für einen kleineren Teil der Flächen eine nicht ausreichende

Versorgung mit Phosphor, Kalium und Calcium festgestellt werden konnte; dies betraf eher die Kiefernflächen als die Fichtenflächen. Durch die Düngung mit einem Mischdünger, der mögliche Verdünnungseffekte durch eine einseitige Stickstoffgabe verhindern sollte, konnte die Stickstoffversorgung von Fichte und Kiefer für den gesamten Berichtszeitraum signifikant über den der Vergleichsflächen angehoben werden, womit aber nur für drei bis vier Jahre eine Überschreitung des Grenzwertes für ausreichende Versorgung bei der Mehrzahl der voll gedüngten Flächen verbunden war.

5. LITERATUR

- BAULE, H. und FRICKER, C., 1967: Die Düngung von Waldbäumen.
Bayr. Landw. Verl. München, Basel, Wien. 259 S.
- GUSSONE, H. A., 1964: Faustzahlen für Düngung im Walde.
Bayr. Landw. Verl. München, Basel, Wien. 98 S.
- JELEM, H. und KILIAN, W., 1970: Standortskundliche Stellungnahme zum
Düngungsprojekt Pinkafeld.
Unveröffentl. Auswertungsunterlagen der Forstl. Bundesversuchsanstalt Wien, Inst. f. Standort.
- JOHANN, K., 1981: Erste ertragskundliche Ergebnisse vom Großdüngungsversuch Pinkafeld.
Mitt. Forstl. Bundesversuchsanst., 136, 7 74
- JUNG, J. und RIEHLE, G., 1966: Blatt- und nadelanalytische Auswertungen bei mehrjährigen Düngungsversuchen mit Forstpflanzen in Gefäßen.
Fw. Cbl., 9/10, 295 - 305.
- KILIAN, W. und LUMBE, Ch., 1969: Bestandesdüngung Produktionssteigerung. Standortskundliche Beurteilung des bisherigen Versuches.
Allg. Forstztg., 80, 218 - 219.
- LANZ, W., 1969: Forstdüngung (Sammelreferat).
Beiheft z. Forstarchiv, 36 S.
- MATERNA, J., 1965: Ernährungsprobleme in Kiefernbeständen.
Tagungsberichte, Berlin, 75, 633 - 638.
- POLLANSCHÜTZ, J., 1969: Bestandesdüngung - Produktionssteigerung.

Methodik der Anlage und der Erhebungen. Ertragskundliche Auswertung und Beurteilung des Düngungserfolges.

Allg. Forstztg., 80, 215 - 217, 219 - 222.

STEFAN, K., 1969 a: Bestandesdüngung - Produktionssteigerung. Untersuchung der Düngerwirksamkeit mit Hilfe von Nadelanalysen.

Allg. Forstztg., 80, 217 - 218.

STEFAN, K., 1969 b: Veränderungen der Nadel-Nährstoffgehalte auf Düngungsversuchsflächen im Verlauf von 6 Jahren.

3. Int. Conference on Forest Yield, Forest Fertilization, Prag, Proceedings, 281 - 289.

STEFAN, K., 1972: Nadelanalytische Ergebnisse von einem Düngungsversuch in einem rauchgeschädigten Fichtenbestand.

Mitt. Forstl. Bundesversuchsanstalt, 97, 521 - 534.

WEHRMANN, J., 1959: Methodische Untersuchungen zur Durchführung von Nadelanalysen in Kiefernbeständen.

Fw. Cbl., 78, 77 - 97.

ANHANG 1: Stickstoffgehalte (% N) - Mittelwerte aus je 2 Nadelproben
je Probekreis (Kollektiv 1: 1/60; Kollektiv 2: 1/81; Kollektiv 3: 30/61; Kollektiv 4: 30/82).

FICHTE

PROBE	1969	1970	1971	1972	1973	1974
1	1.57	1.49	1.54	1.59	1.45	1.29
2	1.47	1.94	1.65	1.69	1.69	1.49
3	1.20	1.35	1.36	1.29	1.36	1.20
4	1.39	1.67	1.64	1.57	1.62	1.60
5	1.46	1.37	1.46	1.38	1.43	1.27
6	1.28	1.20	1.07	1.29	1.27	1.11
7	1.30	2.43	1.88	1.58	1.63	1.32
8	1.61	1.95	1.74	1.62	1.65	1.44
9	1.24	1.30	1.34	1.35	1.38	1.26
10	1.35	1.61	1.68	1.54	1.63	1.26
11	1.32	1.65	1.38	1.43	1.28	1.38
12	1.21	1.38	1.40	1.37	1.32	1.14
13	1.42	1.39	1.47	1.57	1.43	1.39
14	1.40	1.56	1.58	1.50	1.56	1.37
15	1.61	1.60	1.65	1.57	1.43	1.36
16	1.40	1.38	1.43	1.45	1.37	1.28
17	1.50	1.62	1.65	1.52	1.47	1.40
18	1.27	1.75	1.52	1.62	1.50	1.47
19	1.35	1.32	1.38	1.38	1.41	1.23
20	1.41	1.54	1.48	1.59	1.45	1.29
21	1.27	1.59	1.43	1.33	1.38	1.21
22	1.19	2.24	1.50	1.37	1.37	1.21
23	1.49	1.71	1.55	1.62	1.59	1.55
24	1.44	1.44	1.52	1.48	1.39	1.26
25	1.50	1.51	1.56	1.54	1.58	1.50
26	1.57	1.80	1.78	1.78	1.53	1.46
27	1.58	1.52	1.51	1.53	1.60	1.38
28	1.49	1.87	1.68	1.73	1.61	1.69
29	1.50	1.56	1.61	1.63	1.58	1.46
32	1.36	1.65	1.50	1.44	1.36	1.26
33	1.44	1.78	1.65	1.60	1.61	1.55
34	1.37	1.36	1.38	1.22	1.22	1.15
35	1.52	1.49	1.51	1.49	1.34	1.28
36	1.54	1.83	1.64	1.68	1.66	1.44
37	1.48	1.41	1.47	1.49	1.19	1.30
38	1.24	1.24	1.29	1.22	1.22	1.24
39	1.32	1.92	1.60	1.53	1.40	1.30
40	1.40	1.64	1.65	1.49	1.60	1.27
42	1.25	1.45	1.45	1.41	1.27	1.23
43	1.42	1.33	1.34	1.30	1.22	1.21
44	1.34	1.58	1.49	1.38	1.48	1.31
45	1.24	1.59	1.51	1.45	1.36	1.22
47	1.55	1.76	1.64	1.71	1.61	1.26

ANHANG 1: Fortsetzung

FICHTE

PROBE	1969	1970	1971	1972	1973	1974
48	1.57	1.56	1.46	1.54	1.52	1.55
49	1.69	1.94	1.75	1.55	1.53	1.41
50	1.58	1.84	1.75	1.59	1.60	1.31
52	1.10	1.27	1.26	1.25	1.31	1.07
53	1.27	1.72	1.53	1.45	1.43	1.32
54	1.60	1.54	1.52	1.46	1.46	1.30
55	1.41	1.44	1.49	1.39	1.45	1.32
56	1.18	1.91	1.49	1.35	1.43	1.41
59	1.46	1.48	1.49	1.49	1.43	1.25
60	1.39	1.46	1.49	1.51	1.42	1.16
64	0.00	1.37	1.54	1.47	1.55	1.33
65	0.00	1.28	1.32	1.20	1.14	1.01
67	0.00	1.45	1.40	1.39	1.43	1.28
68	0.00	1.49	1.34	1.27	1.31	1.15
69	0.00	2.63	1.88	1.76	1.76	1.61
75	0.00	1.30	1.38	1.35	1.35	1.29
76	0.00	1.58	1.56	1.45	1.49	1.22
78	0.00	1.26	1.40	1.34	1.30	1.46
80	0.00	1.37	1.47	1.46	1.56	1.32
81	0.00	1.26	1.38	1.39	1.36	1.28

KIEFER

PROBE	1969	1970	1971	1972	1973	1974
30	1.28	1.41	1.31	1.30	1.17	1.42
31	1.24	1.64	1.37	1.47	1.53	1.53
41	1.31	1.71	1.47	1.48	1.62	1.48
46	1.32	1.79	1.75	1.63	1.59	1.53
51	1.15	1.86	1.76	1.57	1.48	1.43
57	1.32	1.83	1.45	1.51	1.45	1.37
58	1.37	1.14	0.99	1.29	1.21	1.22
61	1.36	1.35	1.36	1.34	1.21	1.19
62	0.00	1.53	1.42	1.35	1.34	1.27
63	0.00	1.90	1.51	1.45	1.58	1.14
66	0.00	1.92	1.53	1.53	1.27	1.25
77	0.00	1.47	1.42	1.32	1.24	1.16
79	0.00	1.45	1.46	1.42	1.39	1.49
82	0.00	1.49	1.34	1.48	1.41	1.45

ANHANG 2: Phosphorgehalte (% P_2O_5) - Mittelwerte aus je 2 Nadelproben
je Probekreis (Kollektiv 1: 1/60; Kollektiv 2: 1/81; Kollektiv 3: 30/61; Kollektiv 4: 30/82).

FICHTE

PROBE	1969	1970	1971	1972	1973	1974
1	0.39	0.40	0.41	0.39	0.38	0.25
2	0.41	0.45	0.43	0.43	0.42	0.32
3	0.32	0.42	0.39	0.39	0.39	0.27
4	0.29	0.38	0.43	0.44	0.39	0.33
5	0.35	0.41	0.41	0.36	0.41	0.28
6	0.32	0.34	0.36	0.31	0.38	0.22
7	0.49	0.60	0.57	0.52	0.41	0.24
8	0.35	0.45	0.43	0.43	0.34	0.23
9	0.29	0.28	0.33	0.32	0.27	0.25
10	0.32	0.47	0.49	0.51	0.49	0.22
11	0.46	0.55	0.49	0.63	0.36	0.47
12	0.39	0.47	0.48	0.54	0.45	0.36
13	0.34	0.48	0.44	0.47	0.44	0.41
14	0.32	0.44	0.49	0.47	0.43	0.39
15	0.27	0.36	0.37	0.34	0.35	0.29
16	0.35	0.42	0.43	0.42	0.37	0.37
17	0.47	0.50	0.53	0.51	0.46	0.58
18	0.37	0.50	0.45	0.53	0.41	0.42
19	0.28	0.44	0.42	0.40	0.39	0.49
20	0.45	0.45	0.45	0.41	0.44	0.45
21	0.41	0.60	0.50	0.43	0.44	0.48
22	0.31	0.51	0.46	0.53	0.44	0.51
23	0.47	0.50	0.44	0.43	0.40	0.48
24	0.40	0.54	0.52	0.37	0.41	0.36
25	0.49	0.49	0.45	0.44	0.41	0.48
26	0.44	0.49	0.48	0.45	0.50	0.49
27	0.35	0.44	0.40	0.30	0.49	0.34
28	0.46	0.57	0.40	0.50	0.39	0.49
29	0.42	0.48	0.46	0.46	0.40	0.44
32	0.44	0.53	0.50	0.49	0.45	0.36
33	0.48	0.56	0.49	0.47	0.49	0.41
34	0.42	0.49	0.45	0.50	0.47	0.41
35	0.52	0.56	0.51	0.49	0.43	0.43
36	0.42	0.52	0.46	0.45	0.45	0.39
37	0.46	0.56	0.48	0.41	0.43	0.42
38	0.38	0.48	0.48	0.38	0.47	0.43
39	0.36	0.48	0.45	0.47	0.35	0.40
40	0.31	0.37	0.37	0.33	0.37	0.24
42	0.41	0.47	0.47	0.42	0.41	0.43
43	0.37	0.47	0.42	0.39	0.29	0.40
44	0.27	0.40	0.39	0.33	0.39	0.31
45	0.28	0.46	0.47	0.44	0.32	0.35
47	0.35	0.50	0.48	0.45	0.39	0.30

ANHANG 2: Fortsetzung

FICHTE

PROBE	1969	1970	1971	1972	1973	1974
48	0.43	0.48	0.43	0.43	0.37	0.35
49	0.44	0.53	0.43	0.40	0.32	0.32
50	0.44	0.48	0.44	0.38	0.38	0.30
52	0.26	0.29	0.32	0.29	0.31	0.22
53	0.32	0.45	0.46	0.46	0.37	0.39
54	0.45	0.49	0.47	0.43	0.39	0.39
55	0.45	0.50	0.49	0.44	0.40	0.36
56	0.30	0.42	0.40	0.41	0.39	0.38
59	0.41	0.45	0.43	0.42	0.41	0.40
60	0.35	0.41	0.36	0.33	0.33	0.29
64	0.00	0.47	0.46	0.44	0.46	0.35
65	0.00	0.53	0.49	0.30	0.44	0.41
67	0.00	0.59	0.47	0.47	0.48	0.42
68	0.00	0.46	0.45	0.46	0.43	0.42
69	0.00	0.60	0.47	0.53	0.50	0.46
75	0.00	0.35	0.36	0.33	0.37	0.33
76	0.00	0.50	0.49	0.46	0.34	0.33
78	0.00	0.42	0.42	0.36	0.40	0.59
80	0.00	0.49	0.46	0.39	0.40	0.41
81	0.00	0.42	0.37	0.37	0.41	0.47

KIEFER

PROBE	1969	1970	1971	1972	1973	1974
30	0.31	0.38	0.35	0.39	0.33	0.43
31	0.35	0.44	0.36	0.39	0.39	0.38
41	0.32	0.43	0.45	0.40	0.40	0.35
46	0.29	0.45	0.44	0.35	0.38	0.36
51	0.33	0.42	0.41	0.35	0.38	0.29
57	0.32	0.45	0.41	0.31	0.39	0.35
58	0.33	0.37	0.29	0.26	0.30	0.28
61	0.36	0.39	0.35	0.35	0.28	0.30
62	0.00	0.42	0.38	0.34	0.33	0.30
63	0.00	0.47	0.39	0.42	0.38	0.34
66	0.00	0.50	0.39	0.40	0.29	0.30
77	0.00	0.37	0.35	0.33	0.36	0.28
79	0.00	0.43	0.37	0.37	0.35	0.34
82	0.00	0.39	0.37	0.38	0.34	0.39

ANHANG 3: Kaliumgehalte (% K₂O) - Mittelwerte aus je 2 Nadelproben
je Probekreis (Kollektiv 1: 1/60; Kollektiv 2: 1/81; Kollektiv 3: 30/61; Kollektiv 4: 30/82).

FICHTE

PROBE	1969	1970	1971	1972	1973	1974
1	0.85	0.95	0.81	0.90	0.69	0.63
2	0.86	1.04	0.92	1.06	0.83	0.79
3	0.80	0.96	0.92	1.00	0.86	0.78
4	0.84	0.93	0.97	1.10	0.74	0.72
5	0.84	0.94	0.90	0.93	0.82	0.80
6	0.73	0.81	0.78	0.74	0.88	0.72
7	1.06	1.40	1.29	1.37	0.96	0.84
8	0.90	1.00	0.93	1.03	0.54	0.74
9	0.82	0.84	0.87	0.86	0.91	0.88
10	0.98	1.22	1.06	1.13	0.88	0.88
11	0.76	0.97	0.87	0.97	0.65	0.87
12	0.73	1.04	0.82	1.15	0.68	0.88
13	0.74	0.79	0.84	0.80	0.60	0.77
14	0.82	0.99	0.95	1.01	0.68	0.66
15	0.77	0.92	0.85	0.82	0.62	0.78
16	1.06	1.02	0.98	1.02	0.78	0.94
17	0.89	0.93	0.90	1.11	0.71	0.92
18	0.81	1.06	0.90	1.05	0.65	0.84
19	0.61	0.79	0.74	0.79	0.55	0.76
20	0.75	0.77	0.68	0.76	0.59	0.69
21	0.83	0.93	0.85	0.84	0.79	0.80
22	0.94	1.12	1.05	1.17	0.73	0.86
23	0.96	0.86	0.77	0.87	0.52	0.69
24	0.77	0.93	0.92	0.83	0.77	0.88
25	0.98	0.96	0.87	0.94	0.76	0.87
26	0.62	0.80	0.70	0.73	0.83	0.76
27	0.78	0.76	0.69	0.83	0.98	0.68
28	0.84	0.81	0.77	0.81	0.36	0.69
29	0.88	1.01	0.91	1.02	0.76	0.88
32	0.82	1.18	1.01	1.00	0.83	0.74
33	0.72	0.92	0.81	0.74	0.73	0.69
34	0.76	0.84	0.84	1.07	0.81	0.75
35	0.75	0.81	0.69	0.91	0.66	0.83
36	0.83	0.94	0.85	0.90	0.57	0.73
37	0.78	0.90	0.82	0.77	0.66	0.81
38	0.72	0.70	0.78	0.73	0.66	0.90
39	0.61	0.75	0.69	0.84	0.62	0.89
40	0.66	0.83	0.83	0.71	0.62	0.55
42	0.71	0.81	0.78	0.76	0.81	0.96
43	1.00	1.08	0.99	0.96	0.89	0.84
44	0.96	1.17	1.01	0.93	0.86	0.81
45	0.77	1.16	0.96	0.80	0.94	0.74
47	0.79	1.03	0.97	0.98	0.75	0.67

ANHANG 3: Fortsetzung

FICHTE

PROBE	1969	1970	1971	1972	1973	1974
48	1.02	1.01	0.83	0.99	0.77	0.84
49	0.72	0.91	0.64	0.70	0.72	0.62
50	0.79	0.91	0.93	0.78	0.77	0.78
52	0.60	0.83	0.77	0.75	0.81	0.70
53	0.85	1.13	1.03	1.12	0.69	0.83
54	0.95	0.98	0.91	0.87	0.74	0.73
55	0.92	1.04	1.01	1.01	0.90	0.77
56	0.62	1.04	0.98	0.90	0.85	0.85
59	0.66	0.70	0.65	0.69	0.64	0.82
60	0.75	0.83	0.74	0.79	0.66	0.75
64	0.00	0.82	0.92	0.94	0.92	0.90
65	0.00	0.69	0.86	0.77	0.65	0.67
67	0.00	1.04	0.92	1.03	0.77	0.80
68	0.00	1.05	0.99	1.07	0.83	0.90
69	0.00	1.05	1.17	1.16	0.75	0.88
75	0.00	0.91	0.84	0.78	0.80	0.76
76	0.00	0.93	0.82	0.80	0.76	0.69
78	0.00	0.88	0.79	0.79	0.74	0.91
80	0.00	0.91	0.87	0.74	0.62	0.83
81	0.00	0.84	0.78	0.86	0.69	1.11

KIEFER

PROBE	1969	1970	1971	1972	1973	1974
30	0.60	0.67	0.61	0.77	0.69	0.64
31	0.61	0.79	0.59	0.68	0.61	0.68
41	0.68	0.82	0.63	0.66	0.74	0.64
46	0.63	0.83	0.74	0.80	0.76	0.55
51	0.56	0.81	0.62	0.67	0.65	0.63
57	0.63	0.87	0.75	0.61	0.77	0.70
58	0.53	0.65	0.71	0.51	0.65	0.60
61	0.62	0.59	0.54	0.60	0.63	0.72
62	0.00	0.65	0.62	0.64	0.72	0.59
63	0.00	0.76	0.63	0.71	0.74	0.81
66	0.00	0.77	0.64	0.75	0.49	0.61
77	0.00	0.69	0.66	0.62	0.80	0.73
79	0.00	0.63	0.47	0.52	0.96	0.65
82	0.00	0.71	0.61	0.59	0.67	0.71

ANHANG 4: Calciumgehalte (% CaO) - Mittelwerte aus je 2 Nadelproben
je Probekreis (Kollektiv 1: 1/60; Kollektiv 2: 1/81; Kollektiv 3: 30/61; Kollektiv 4: 30/82).

FICHTE

PROBE	1969	1970	1971	1972	1973	1974
1	0.43	0.41	0.51	0.69	0.75	0.78
2	0.64	0.57	0.61	0.68	0.79	0.70
3	0.80	0.59	0.88	0.75	0.91	0.81
4	0.72	0.64	0.71	0.61	0.83	0.84
5	0.87	0.71	0.81	0.93	0.90	1.15
6	0.52	0.43	0.54	0.91	0.93	0.61
7	0.58	0.48	0.67	0.63	0.77	0.70
8	0.74	0.57	0.55	0.49	0.61	0.62
9	0.50	0.48	0.52	0.59	0.58	0.58
10	0.66	0.57	0.66	0.50	0.70	0.62
11	0.74	0.65	0.66	0.62	0.76	0.90
12	0.71	0.62	0.69	0.74	0.83	0.62
13	0.85	0.76	0.97	1.06	1.11	0.77
14	0.65	0.59	0.78	0.73	0.87	0.84
15	0.63	0.57	0.72	0.69	0.70	0.78
16	0.65	0.58	0.57	0.80	0.98	0.87
17	0.82	0.78	0.88	0.93	0.83	0.88
18	0.71	0.62	0.66	0.84	0.75	0.74
19	0.90	0.77	0.97	0.86	0.93	0.84
20	0.65	0.52	0.75	0.68	0.77	0.91
21	0.56	0.49	0.73	0.86	0.91	0.88
22	0.71	0.56	0.72	0.64	0.72	0.66
23	0.68	0.58	0.82	0.73	0.83	0.69
24	0.78	0.60	1.00	0.98	0.74	0.82
25	0.52	0.43	0.58	0.74	0.43	0.65
26	0.72	0.51	0.60	0.82	0.68	0.58
27	0.76	0.54	0.88	0.76	0.67	0.86
28	0.57	0.39	0.65	0.65	0.50	0.76
29	0.77	0.67	0.80	0.80	0.81	0.95
32	0.69	0.71	0.87	0.82	0.83	0.66
33	0.60	0.51	0.79	0.69	0.96	0.60
34	0.65	0.66	0.73	0.61	0.45	0.51
35	0.80	0.70	0.76	0.85	0.86	0.50
36	1.02	0.90	0.90	0.98	0.60	0.88
37	0.75	0.78	0.72	1.20	0.61	0.83
38	0.74	0.67	0.76	0.76	0.72	0.57
39	0.58	0.54	0.74	0.62	0.80	0.60
40	0.50	0.44	0.64	0.72	0.60	0.47
42	0.62	0.56	0.72	0.61	0.70	0.60
43	0.74	0.64	0.73	0.80	0.58	0.59
44	0.59	0.53	0.60	0.58	0.95	0.57
45	0.63	0.56	0.64	0.84	0.66	0.49
47	0.67	0.58	0.58	0.69	0.75	0.80

ANHANG 4: Fortsetzung

FICHTE

PROBE	1969	1970	1971	1972	1973	1974
48	0.59	0.53	0.86	0.57	0.98	0.68
49	0.65	0.63	0.69	0.64	0.71	0.79
50	0.73	0.66	0.87	0.87	0.85	1.05
52	0.51	0.57	0.56	0.49	0.90	0.64
53	0.51	0.62	0.69	0.59	0.58	0.54
54	0.63	0.65	0.64	0.65	0.62	0.53
55	0.67	0.58	0.72	0.68	0.69	0.51
56	0.58	0.57	0.58	0.60	0.51	0.50
59	0.59	0.60	0.87	0.79	0.75	0.73
60	0.75	0.69	0.75	0.85	0.78	1.00
64	0.00	0.64	0.92	0.78	0.90	0.79
65	0.00	0.55	0.60	0.66	0.71	0.80
67	0.00	0.66	0.77	0.88	0.73	0.88
68	0.00	0.62	0.73	0.68	0.78	0.71
69	0.00	0.67	0.83	0.77	0.70	0.65
75	0.00	0.70	0.90	0.65	0.63	0.73
76	0.00	0.55	0.59	0.60	0.59	0.58
78	0.00	0.54	0.61	0.76	0.81	0.81
80	0.00	0.58	0.65	0.73	0.95	0.72
81	0.00	0.51	0.59	0.61	0.77	0.59

KIEFER

PROBE	1969	1970	1971	1972	1973	1974
30	0.46	0.54	0.67	0.78	0.65	0.41
31	0.40	0.55	0.63	0.59	0.43	0.49
41	0.40	0.53	0.54	0.58	0.70	0.57
46	0.51	0.70	0.62	0.55	0.65	0.53
51	0.35	0.59	0.59	0.60	0.90	0.50
57	0.29	0.51	0.52	0.39	0.43	0.38
58	0.34	0.35	0.31	0.42	0.43	0.43
61	0.29	0.38	0.41	0.44	0.33	0.43
62	0.00	0.55	0.58	0.57	0.46	0.45
63	0.00	0.53	0.54	0.55	0.60	0.48
66	0.00	0.52	0.47	0.55	0.77	0.50
77	0.00	0.42	0.48	0.58	0.70	0.43
79	0.00	0.33	0.42	0.44	0.87	0.62
82	0.00	0.60	0.66	0.71	0.57	0.62

ANHANG 5: Magnesiumgehalte (% MgO) - Mittelwerte aus je 2 Nadelproben
je Probekreis (Kollektiv 1: 1/60; Kollektiv 2: 1/81; Kollektiv 3: 30/61; Kollektiv 4: 30/82).

FICHTE

PROBE	1969	1970	1971	1972	1973	1974
1	0.21	0.23	0.27	0.23	0.26	0.16
2	0.19	0.19	0.23	0.21	0.20	0.14
3	0.21	0.19	0.24	0.18	0.21	0.17
4	0.20	0.21	0.22	0.22	0.17	0.18
5	0.22	0.25	0.25	0.26	0.21	0.19
6	0.23	0.21	0.26	0.27	0.21	0.16
7	0.22	0.22	0.21	0.23	0.21	0.16
8	0.27	0.22	0.25	0.19	0.20	0.16
9	0.27	0.22	0.28	0.25	0.27	0.17
10	0.27	0.24	0.27	0.22	0.24	0.11
11	0.25	0.22	0.19	0.21	0.19	0.18
12	0.24	0.22	0.19	0.19	0.20	0.17
13	0.24	0.26	0.24	0.25	0.24	0.21
14	0.26	0.25	0.25	0.24	0.24	0.18
15	0.28	0.26	0.26	0.28	0.20	0.20
16	0.21	0.22	0.24	0.21	0.19	0.18
17	0.27	0.25	0.25	0.26	0.26	0.24
18	0.20	0.21	0.21	0.17	0.21	0.14
19	0.19	0.20	0.22	0.17	0.19	0.14
20	0.19	0.21	0.21	0.19	0.22	0.24
21	0.18	0.23	0.26	0.20	0.25	0.19
22	0.18	0.20	0.23	0.20	0.21	0.24
23	0.19	0.20	0.20	0.18	0.17	0.15
24	0.18	0.20	0.28	0.17	0.18	0.15
25	0.23	0.20	0.26	0.23	0.22	0.17
26	0.28	0.24	0.28	0.24	0.15	0.14
27	0.20	0.17	0.25	0.15	0.22	0.14
28	0.23	0.22	0.25	0.19	0.20	0.14
29	0.22	0.24	0.28	0.20	0.23	0.15
32	0.23	0.25	0.24	0.20	0.21	0.20
33	0.26	0.25	0.29	0.23	0.29	0.20
34	0.20	0.19	0.20	0.20	0.18	0.16
35	0.26	0.28	0.25	0.22	0.21	0.22
36	0.26	0.24	0.24	0.23	0.20	0.20
37	0.20	0.26	0.26	0.24	0.16	0.18
38	0.23	0.24	0.25	0.20	0.25	0.19
39	0.24	0.24	0.21	0.21	0.25	0.20
40	0.26	0.27	0.29	0.24	0.21	0.19
42	0.25	0.23	0.22	0.19	0.25	0.19
43	0.22	0.23	0.25	0.21	0.27	0.19
44	0.22	0.21	0.25	0.16	0.23	0.22
45	0.26	0.25	0.25	0.22	0.23	0.19
47	0.27	0.27	0.27	0.22	0.31	0.21

ANHANG 5: Fortsetzung

FICHTE

PROBE	1969	1970	1971	1972	1973	1974
48	0.27	0.24	0.31	0.21	0.34	0.23
49	0.27	0.27	0.26	0.23	0.22	0.19
50	0.24	0.24	0.26	0.20	0.22	0.20
52	0.22	0.20	0.20	0.19	0.25	0.20
53	0.21	0.19	0.19	0.20	0.21	0.18
54	0.23	0.23	0.26	0.22	0.21	0.25
55	0.23	0.21	0.26	0.19	0.24	0.18
56	0.23	0.20	0.19	0.17	0.21	0.18
59	0.25	0.25	0.32	0.23	0.15	0.21
60	0.22	0.21	0.22	0.22	0.21	0.18
64	0.00	0.27	0.35	0.23	0.20	0.21
65	0.00	0.24	0.25	0.24	0.21	0.23
67	0.00	0.23	0.27	0.23	0.27	0.26
68	0.00	0.18	0.20	0.20	0.21	0.19
69	0.00	0.21	0.19	0.18	0.22	0.19
75	0.00	0.26	0.22	0.18	0.22	0.22
76	0.00	0.26	0.21	0.23	0.24	0.23
78	0.00	0.27	0.22	0.23	0.18	0.19
80	0.00	0.27	0.24	0.24	0.21	0.22
81	0.00	0.25	0.19	0.19	0.21	0.20

KIEFER

PROBE	1969	1970	1971	1972	1973	1974
30	0.20	0.21	0.24	0.24	0.20	0.16
31	0.17	0.18	0.22	0.19	0.19	0.15
41	0.16	0.17	0.21	0.18	0.22	0.21
46	0.21	0.18	0.17	0.15	0.23	0.16
51	0.16	0.18	0.16	0.15	0.20	0.17
57	0.15	0.15	0.17	0.12	0.17	0.16
58	0.18	0.18	0.16	0.15	0.18	0.16
61	0.18	0.24	0.19	0.19	0.17	0.19
62	0.00	0.27	0.29	0.22	0.19	0.22
63	0.00	0.20	0.23	0.21	0.21	0.23
66	0.00	0.12	0.17	0.16	0.11	0.14
77	0.00	0.15	0.19	0.21	0.19	0.15
79	0.00	0.22	0.19	0.14	0.21	0.21
82	0.00	0.24	0.22	0.18	0.21	0.18

ANHANG 6: 100-Nadelgewichte (mg) Mittelwerte aus je 2 Nadelproben je Probekreis (Kollektiv 1: 1/60; Kollektiv 2: 1/81).

FICHTE

PROBE	1969	1970	1971	1972	1973	1974
1	577.0	604.9	370.1	605.4	290.1	527.0
2	553.9	608.1	457.9	690.5	413.8	602.7
3	510.8	657.2	408.3	839.9	321.7	538.3
4	575.6	653.8	534.2	712.0	307.0	501.8
5	515.6	473.5	354.5	623.4	342.5	440.2
6	764.0	751.7	510.7	689.5	341.0	766.1
7	656.6	826.6	616.8	801.6	388.3	619.4
8	599.6	587.6	521.6	664.0	366.1	486.1
9	515.3	505.1	434.7	575.9	356.5	421.9
10	470.7	598.2	461.9	603.8	511.3	490.2
11	513.0	673.9	441.9	689.1	350.7	427.1
12	530.5	667.1	414.0	530.2	359.7	493.2
13	509.0	515.0	450.8	513.9	278.6	603.5
14	578.0	612.3	524.0	633.4	451.6	540.4
15	498.7	477.9	408.1	451.9	327.3	449.6
16	640.5	685.1	493.6	651.9	325.6	504.3
17	753.5	779.1	637.3	633.9	446.3	528.6
18	643.6	744.1	492.6	717.7	416.9	622.9
19	764.6	680.1	451.1	696.2	404.7	420.8
20	709.2	748.2	552.8	700.4	378.4	497.0
21	573.9	577.2	481.3	546.0	299.0	410.2
22	490.0	707.6	439.3	614.3	405.1	596.2
23	598.4	693.3	507.1	763.4	474.7	465.5
24	733.9	656.6	437.2	622.7	474.3	575.3
25	547.7	699.8	456.7	663.2	378.3	423.9
26	695.1	929.6	615.3	645.5	379.2	386.1
27	632.4	711.2	467.3	683.1	461.1	382.7
28	629.0	730.3	474.1	607.0	356.9	493.4
29	519.8	609.3	428.4	510.0	336.2	473.9
32	560.2	702.6	508.1	647.3	218.8	349.6
33	589.0	655.9	451.7	578.1	352.2	463.9
34	461.4	552.9	368.4	582.8	251.9	420.1
35	567.4	650.4	480.0	621.1	345.8	510.2
36	672.3	785.7	561.9	638.6	546.5	515.2
37	597.7	649.5	394.6	530.3	362.2	379.1
38	476.4	543.3	365.1	536.2	304.6	445.6
39	638.8	861.0	531.6	687.4	395.9	583.8
40	567.6	626.3	504.9	576.5	299.4	547.8
42	585.4	669.1	421.3	623.9	316.2	488.9
43	573.3	546.5	474.6	574.0	258.8	434.0
44	456.4	560.8	438.1	509.7	258.9	348.6
45	443.4	624.9	352.2	572.8	250.5	511.8
47	504.0	634.9	425.8	547.6	351.1	477.4

ANHANG 6: Fortsetzung

FICHTE

PROBE	1969	1970	1971	1972	1973	1974
48	597.6	664.0	404.9	692.9	474.2	501.4
49	766.8	766.0	552.0	681.0	415.5	452.8
50	518.5	570.5	435.4	559.7	291.8	480.3
52	468.3	618.8	375.5	675.8	317.2	478.8
53	481.9	673.1	488.8	742.3	365.4	516.7
54	528.5	618.1	433.4	649.9	416.0	509.0
55	563.2	584.8	404.2	498.2	302.9	474.4
56	491.5	736.4	468.5	624.6	370.4	593.3
59	512.7	573.5	405.1	577.2	283.4	428.6
60	466.3	528.9	394.2	531.9	384.3	381.3
64	0.0	701.7	500.7	587.6	354.5	426.6
65	0.0	503.7	382.4	563.8	325.1	440.3
67	0.0	474.8	330.6	525.7	289.9	507.0
68	0.0	592.3	377.6	607.7	320.9	423.0
69	0.0	558.6	428.9	609.3	378.4	404.1
75	0.0	585.5	431.0	724.4	314.1	510.3
76	0.0	617.8	453.6	684.7	320.0	451.4
78	0.0	591.2	482.9	677.5	334.4	318.6
80	0.0	511.6	433.0	617.7	457.7	454.5
81	0.0	570.5	476.8	641.0	448.9	365.0

Aus dem Publikationsverzeichnis der Forstlichen Bundesversuchsanstalt

**MITTEILUNGEN
DER FORSTLICHEN BUNDESVERSUCHSANSTALT
WIEN**

Heft Nr.

- 104 Merwald Ingo: "Lawinenereignisse und Witterungsablauf in Österreich"
(1974) Winter 1970/71 und 71/72
Preis ö.S. 120.-
- 105 "Beiträge zur Zuwachsforschung. (2)
(1974) Arbeitsgruppe S4.01-02 "Zuwachsbestimmung" der IUFRO
Preis ö.S. 100.-
- 106 "Geschichte der Forstlichen Bundesversuchsanstalt und ihrer
(1974) Institute."
Preis ö.S. 260.-
- 107 Bein Otmar: "Das Schrifttum der Forstlichen Bundesversuchsan-
(1974) stalt 1874 1973"
Preis ö.S. 250.-
- 108 "Beiträge zur Forsteinrichtung"
(1974) IUFRO-Fachgruppe S 4.04 Forsteinrichtung
Preis ö.S. 120.-
- 109 Jelem Helmut: "Die Auwälder der Donau in Österreich" Beilagen
(1974) (Band 109 B)
Preis ö.S. 360.-
- 110 "Zur Massenvermehrung der Nonne (*Lymantria monacha* L.) im
(1975) Waldviertel 1964-1967 und der weiteren Entwicklung bis 1973"
Preis ö.S. 120.-
- 111 Jelem Helmut, Kilian Walter: "Wälder und Standorte am steiri-
(1975) schen Alpenostrand (Wuchsraum 18)" Beilagen (Band 111 B)
Preis ö.S. 250.-
- 112 Jeglitsch Friedrich, Jelem Helmut, Kilian Walter, Kron-
(1975) fellner-Kraus Gottfried, Neuwinger Irmentraud, Noister-
nig Heinrich und Stern Roland:
"Über die Einschätzung von Wildbächen Der Trattenbach"
Preis ö.S. 250.-

Heft Nr.

- 113 Jelem Helmut: "Marchauen in Niederösterreich"
(1975) Preis ö.S. 120.-
- 114 Jeglitsch Friedrich: "Hochwässer, Muren, Rutschungen und Fels-
(1976) stürze in Österreich 1971 1973"
Preis ö.S. 130
- 115 "Beiträge zur Wildbacherosions- und Lawinenforschung"
(1976) IUFRO-Fachgruppe S1.04-00 Wildbäche, Schnee und Lawinen
Preis ö.S. 200.--
- 116 Eckhart Günther: "Grundlagen zur waldbaulichen Beurteilung der
(1976) Wälder in den Wuchsbezirken Österreichs"
Preis ö.S. 160.-
- 117 Jelem Helmut: "Die Wälder im Mühl- und Waldviertel", Wuchs-
(1976) raum 1
Beilagen (Band 117 B)
Preis ö.S. 250.-
- 118 Killian Herbert: "Die 100-Jahrfeier der Forstlichen Bundesver-
(1977) suchsanstalt Wien"
Preis ö.S. 200.-
- 119 Schedl Karl E. "Die Scolytidae und Platypodidae Madagaskars
(1977) und einiger naheliegender Inselgruppen"
Preis ö.S. 330.-
- 120 "Beiträge zur Zuwachsforschung"(3)
(1977) Arbeitsgruppe S4.01-02 "Zuwachsbestimmung" der IUFRO
Preis ö.S. 100.-
- 121 Müller Ferdinand: "Die Waldgesellschaften und Standorte des Seng-
(1977) sengebirges und der Mollner Voralpen (OÖ)"
Pflanzensoziologische und ökologische Untersuchungen im Wuchs-
raum 10 (Nördliche Kalkalpen, Westteil)
Preis ö.S. 300.-
- 122 Margl Hermann, Meister Karl, Smidt Leendert, Stagl Wolf-
(1977) gang-Gregor und Wenter Wolfgang:
"Beiträge zu Frage der Wildstandsbewirtschaftung"
Preis ö.S. 150.-
- 123 Merwald Ingo: "Lawinenereignisse und Witterungsablauf in Öster-
(1978) reich" Winter 1972/73 und 1973/74
Preis ö.S. 200.-

Heft Nr.

- 124 "Die Waldpflege in der Mehrzweckforstwirtschaft"
(1978) IUFRO-Abteilung I Forstliche Umwelt und Waldbau
Preis ö.S. 340.-
- 125 "Beiträge zur Wildbacherosions- und Lawinenforschung" (2)
(1978) IUFRO-Fachgruppe S1.04-00 Wildbäche, Schnee und Lawinen
Preis ö.S. 200.-
- 126 Jelem Helmut: "Waldgebiete in den österreichischen Südalpen",
(1979) Wuchsraum 17
Beilagen (Rolle)
Preis ö.S. 300.-
- 127 "Pests and Diseases / Krankheiten und Schädlinge / Maladies et
(1979) Parasites"
International Poplar Commission (IPC/FAO)
XX. Meeting of the Working Group on Diseases
Preis ö.S. 150.-
- 128 Glatte Friedl: "Dünnschichtchromatographische und mikrobiolo-
(1979) gische Untersuchungen über den Zusammenhang zwischen Düngung
und Pilzwachstum am Beispiel einiger Pappelklone"
Preis ö.S. 100.-
- 129 "Beiträge zur subalpinen Waldforschung"
(1980) 2. Folge
Preis ö.S. 200.-
- 130 "Zuwachs des Einzelbaumes und Bestandesentwicklung"
(1980) Gemeinsame Sitzung der Arbeitsgruppen S 4.01-02 "Zuwachsbestim-
mung" und S4.02-03 "Folgeinventuren" 10.-14.Sept. 1979 in Wien.
Preis ö.S. 300.-
- 131 "Beiträge zur Rauchschadenssituation in Österreich"
(1980) IUFRO Fachgruppe S 2.09-00.
XI. Internationale Arbeitstagung forstlicher Rauchschadenssachver-
ständiger-Exkursion. 1.-6.Sept.1980 in Graz, Österreich
Preis ö.S. 300.-
- 132 Johann Klaus, Pollanschütz Josef: "Der Einfluß der Standraum-
(1980) regulierung auf den Betriebserfolg von Fichtenbetriebsklassen"
Preis ö.S. 150.-
- 133 Ruf Gerhard: "Literatur zur Wildbach- und Lawinenverbauung
(1980) 1974 1978"
Preis ö.S. 120.-

Heft Nr.

- 134 Neumann Alfred † "Die mitteleuropäischen Salix-Arten"
(1981) Preis ö.S. 200.-
- 135 "Österreichisches Symposium Fernerkundung"
(1981) Veranstaltet von der Arbeitsgruppe Fernerkundung der Österreichischen Gesellschaft für Sonnenenergie und Weltraumfragen (ASSA) in Zusammenarbeit mit der Forstlichen Bundesversuchsanstalt, 1.-3. Oktober 1980 in Wien.
Preis ö.S. 250.-
- 136 "Großdüngungsversuch Pinkafeld"
(1981) Johann Klaus: "Ertragskundliche Ergebnisse"
Stefan Klaus: "Nadelanalytische Ergebnisse"
Preis ö.S. 150.-

ANGEWANDTE PFLANZENSOZIOLOGIE

Heft Nr.

- | | |
|-----------------|---|
| XX
(1967) | Martin Bosse Helke: Schwarzföhrenwälder in Kärnten
Preis ö.S. 125.- |
| XXI
(1973) | Margl Hermann: "Waldgesellschaften und Krummholz auf Dolomit."
Preis ö.S. 60.- |
| XXII
(1975) | Schiechtl Hugo Meinhard, Stern Roland: "Die Zirbe in den Ostalpen" I. Teil
Preis ö.S. 100.- |
| XXIII
(1978) | Kronfuss Herbert, Stern Roland: "Strahlung und Vegetation."
Preis ö.S. 200.- |
| XXIV
(1979) | Schiechtl Hugo Meinhard, Stern Roland: "Die Zirbe (Pinus Cembra L.) in den Ostalpen" II. Teil
Preis ö.S. 100.- |

Bezugsquelle

Österreichischer Agrarverlag
A 1141 Wien

