

Die Wirkung von Lupinenunterbau und Kalkammonsalpeterdüngung auf den Ernährungszustand und den Zuwachs älterer Kiefernbestände in der Oberpfalz

Erste Ergebnisse nach sechsjähriger Versuchsdauer

Von K. E. REHFUESS und A. SCHMIDT

*Aus den Instituten für Bodenkunde und Standortslehre sowie für Ertragskunde
der Forstlichen Forschungsanstalt München*

1. Fragestellung

Im nördlichen Bayern stocken auf großer Fläche Kiefernwälder, deren Wuchsleistung durch Stickstoffmangel begrenzt wird (WEHRMANN, 1959). Vielfach wurde ihre unzureichende Versorgung mit Stickstoff durch devastierende Eingriffe des Menschen ausgelöst oder verschärft. Unter ihnen spielte die Streunutzung eine besondere Rolle. Wiederholte Entnahmen von Bodenvegetation und Auflagehumus entziehen den Wald-ökosystemen beträchtliche Mengen an organischen Stoffen und Nährelementen. Die hierdurch bewirkte Reduktion der Bodenvorräte an totalem und leicht mineralisierbarem Stickstoff beeinflusst das Wachstum der Kiefer offensichtlich besonders nachteilig (FIEDLER u. Mitarb., 1962; WITTICH, 1954 u. 1964; EMBERGER, 1965; KREUTZER, 1970).

In mehreren Düngungsexperimenten gelang der Nachweis, daß der Volumenzuwachs vieler ehemals streugenutzter Kiefernforste durch die Zufuhr von 100–200 kg/ha Stickstoff in Salzform in wirtschaftlich interessantem Ausmaß gesteigert werden kann (ZÖTTL und KENNEL, 1962; KENNEL, 1967; KREUTZER, 1967; KENNEL und WEHRMANN, 1967). Leider klingt die Wirkung einer einmaligen Düngung mit Stickstoff jedoch in der Regel nach etwa 4–7 Jahren ab, so daß nachgedüngt werden muß. Zwar dürfte eine wiederholte N-Zufuhr den Vorrat im Ökosystem allmählich so stark vermehren, daß die Standorte schließlich die für eine gute Wuchsleistung erforderlichen Mengen an verfügbarem Stickstoff auch ohne weitere Düngung anliefern können (HEILMAN u. GESSEL, 1963; KREUTZER, 1969). Die experimentelle Bestätigung für diese Hoffnung fehlt allerdings noch. Deshalb ist vorläufig davon auszugehen, daß die Stickstoffsalzdüngung für längere Zeit wiederholt werden muß, wenn man die Kiefern nachhaltig besser mit Stickstoff versorgen will.

Aus diesem Grund wird seit Jahrzehnten versucht, den Kiefern durch den Unterbau mit perennierender Lupine (*Lupinus polyphyllus* L.) im mittleren Bestandesalter eine stetig fließende Stickstoffquelle zu erschließen. Durch einen einmaligen Meliorations-eingriff soll die Stickstoffernährung der Bestände für lange Zeit verbessert und ihr Zuwachs nachhaltig gesteigert werden. Von dem jahrzehntelangen Gedeihen der Lupine unter dem Kiefernschirm verspricht man sich außerdem eine grundlegende Verbesserung des Oberbodenzustands, die sowohl die spätere Verjüngung als auch einen Unter-

bau der Kiefer mit Douglasie, Tanne, Fichte oder Laubbäumen erleichtert. Schließlich bewirkt die Lupine in den gewöhnlich recht eintönigen Kiefernforsten eine erfreuliche Belebung des Landschaftsbildes und schafft bessere Asungsmöglichkeiten.

Über die Wirkungen eines Lupinenanbaus auf den Humus- und Stickstoffhaushalt devastierter Böden sind wir zwar recht gut informiert (WITTICH, 1954 und 1964; MILLER, 1964); der Einfluß der Dauerlupine auf den Zuwachs und die Stickstoffversorgung der Kiefern indessen ist in exakten Experimenten bislang kaum geprüft worden (ASSMANN, 1961, 1965; KRAUSS, 1964; FRANZ, 1967). Keiner der bekanntgewordenen Versuche erlaubt einwandfreie Berechnungen über die Wirtschaftlichkeit einer solchen Melioration. Auch ist die Zahl der Versuche und Vergleichsflächen viel zu gering, um die Einsatzmöglichkeiten für die Dauerlupine in Abhängigkeit von Standort und Bestandaufbau differenziert genug beurteilen zu können.

Wir haben deshalb 1964 auf zwei verbreiteten Standortseinheiten der südlichen und nördlichen Oberpfalz neue Lupinenunterbauversuche in geringwüchsigen Kiefernbaumhölzern angelegt. Sie sollen zunächst die Frage beantworten, wie der Lupinenunterbau den Ernährungszustand und die Wuchsleistung der Kiefer beeinflusst. Wir beabsichtigen, später auch die Veränderungen des Bodenzustands unter der Lupine zu testen.

Tabelle 1

Beschreibung der Versuchsstandorte

Merkmal	DV. 234 Pfaffenwinkel	DV. 235 Pustert
Waldort	FA. Waldsassen, Distr. I 5b	FA. Burglengenfeld, Distr. I 2b ⁵
Wuchsgebiet	Waldsassener Schiefergebiet	Oberpfälzer Kieferengebiet
Meereshöhe	528—543 m	477—482 m
Exposition	5 °/o NW	3 °/o NW
Inklination		
Mitteltemperatur		
Jahr	5,8° C	7,2° C
Mai bis September	12,1° C	14,7° C
Niederschlag		
Jahr	615 mm	650 mm
Mai bis September	325 mm	330 mm
Bodenform	Podsol-Braunerde aus schluffig-lehmiger Phyllit-Fließerde über dichtem, schluffigem Phyllitzersatz	Podsol-(Parabraunerde-) Pseudogley aus geschichteter, schluffig-toniger Verwitterungsdecke der Reinhausener Schichten (Turon) mit Staublehmüberlagerung

Da auf den Versuchsstandorten die Dauerlupine erst nach gründlicher Bodenbearbeitung und CaPKMg-Düngung befriedigend gedeiht, wird die Lupinenwirkung von dem Effekt der vorbereitenden Fräsung und der Grunddüngung getrennt. Außerdem vergleichen wir den Lupinenunterbau auf der Basis gleicher CaPKMg-Düngung mit wiederholten Kalkammonsalpetergaben, die – wie praxisüblich – ohne Bodenbearbeitung verabreicht werden. Über längere Frist hinweg kann somit auch ein betriebswirtschaftlicher Vergleich zwischen diesen beiden gebräuchlichsten Verfahren zur Verbesserung der Stickstoffernährung von älteren Kiefernbeständen durchgeführt werden.

Diese Arbeit informiert über die ersten Versuchsergebnisse nach 6jähriger Laufzeit.

2. Versuchsstandorte und -bestände

Die beiden Versuchsbestände waren zu Beginn der Experimente im Durchschnitt 86 bzw. 77 Jahre alt. Ihre Leistung entsprach einer III,5.—IV,5. Bonität (WIEDEMANN, 1943, mäßige Durchforstung). Sie wurden früher streugenutzt und teilweise beweidet. Vor Anlage der Experimente führten wir eine schwache und gleichmäßige Durchforstung durch, um das maschinelle Fräsen zu erleichtern. Hierbei entnahmen wir lediglich einzelne unterdrückte Kiefern, die wenigen vorhandenen Fichtenunterständler und Wacholderbüsche. Anschließend wurden die Parzellen dauerhaft vermarktet, die Probestämme nummeriert und aufgemessen. Die Tabellen 6 und 7 beschreiben den Ausgangszustand nach dem Durchforstungseingriff.

Tabelle 1 enthält eine allgemeine Beschreibung der Versuchsstandorte, in Tabelle 2 sind einige bodenanalytische Kennwerte zusammengestellt.

Das Solum beider Flächen reagiert stark sauer und enthält bis 1 m Tiefe nur mittlere Stickstoffvorräte zwischen 3800 und 4300 kg/ha. Die Standorte zeichnen sich aus durch einen feinhumusarmen, inaktiven Rohhumus mit C/N-Quotienten von 32—35, wie er für Streunutzungsflächen charakteristisch ist. Die engen C/N-Relationen von 2—7 in den schluffigen Unterböden beruhen vermutlich auf einem hohen Anteil an fixiertem Ammonium-Stickstoff. Alle diese Merkmale lassen darauf schließen, daß die aufstockende Kiefer unter Stickstoffmangel leidet.

Tabelle 2

Bodenanalytische Kennwerte der beiden Versuchsstandorte und Nährelementmengen in der organischen Auflage und im Mineralboden bis 1 m Tiefe

Horizont	Tiefe	pH (nKCl)	C _{org} %	N _t ¹ %	C/N	P _t ² %	K _t ² %	Ca _t ² %	K/Ca
<i>DV. 234 Pfaffenwinkel (FA. Waldsassen)</i>									
O _{F+H}	7—0	2,68	31,40	0,89	35,2	0,066	0,95	0,21	4,7
A _{he}	0—1	2,45	6,84	0,27	25,4	0,043	1,58	0,18	8,6
A _e	1—4	2,72	2,24	0,11	21,3	0,044	1,78	0,04	43,0
AB _{sv}	4—24	3,65	0,71	0,04	19,6	0,044	2,02	0,04	50,0
B _v	24—43	4,11	0,37	0,04	8,8	0,015	2,01	0,08	25,0
II BC _v	43—66	4,00	0,10	0,02	4,0	0,023	1,31	0,04	32,4
C _v	66—100	4,08	0,05	0,02	2,4	0,019	1,28	0,04	31,9
Elementmengen bis 1 m Tiefe (kg/ha)			51,8 × 10 ³	4 260	—	3 200	199 950	6 200	—
<i>DV. 235 Pustert (FA. Burglengenfeld)</i>									
O _{F+H}	5—0	3,49	30,82	0,98	31,5	0,076	0,74	0,41	1,8
A _{he}	0—2	3,15	8,71	0,27	32,5	0,038	1,25	0,35	4,5
A _{hg}	2—13	3,52	1,26	0,06	22,1	0,026	1,35	0,28	4,8
g ₁	13—28	3,66	0,30	0,03	11,9	0,026	1,59	0,20	7,9
II g ₂	28—57	3,50	0,31	0,03	10,1	0,002	0,85	0,08	10,2
g ₃	57—85	3,57	0,17	0,02	9,3	0,033	0,47	0,04	11,5
g ₄	85—100	3,55	0,10	0,01	7,3	0,001	0,48	0,04	12,0
Elementmengen bis 1 m Tiefe (kg/ha)			58,7 × 10 ³	3 790	—	2 312	107 320	13 280	—

¹ Nach Kjeldahl. — ² In Flußsäure/Perchlorsäure.

Mit Gesamtphosphorvorräten von 2300—3200 kg/ha sind die Versuchsstandorte außerdem auch nur mäßig mit Phosphor ausgestattet (vgl. EMBERGER, 1965). Die Podsol-Braunerde aus Phyllit in Waldsassen besitzt gesteinsbedingt niedrige Calciumgehalte und ein extrem weites K/Ca-Verhältnis. Beide Standorte vermögen die Kiefer ausreichend mit Phosphor, Calcium und Kalium zu versorgen; ein erfolgreicher Anbau der Lupine setzt aber in beiden Fällen eine kräftige Kalkung und Phosphordüngung voraus (REHFUESS, 1965).

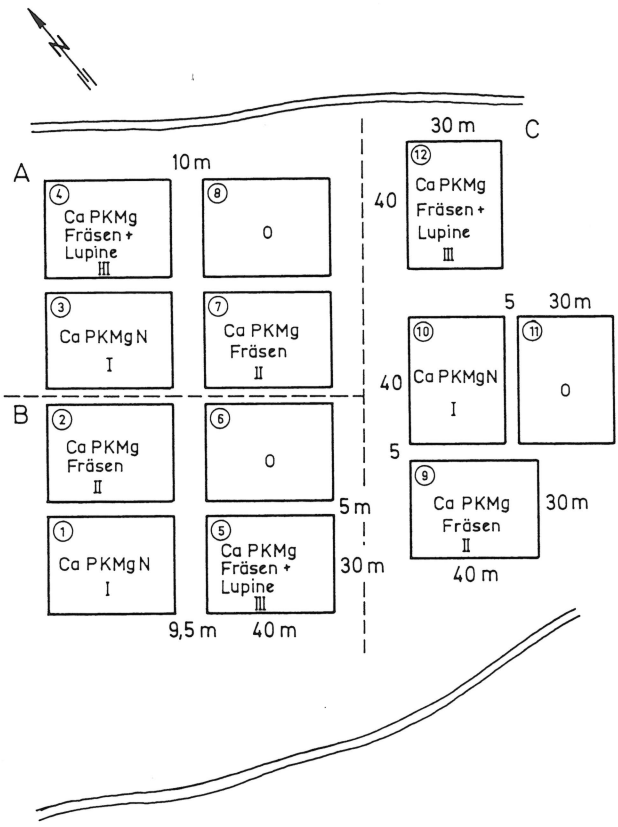


Abb. 1. Versuchsplan für den Düngungsversuch 235 Pustert im Forstamt Burglengenfeld

hierfür Rotavator-Fräsen von 90 und 130 cm Arbeitsbreite ein, die an 35- bzw. 45-PS-Radschleppern montiert waren. Die Fräsung erfolgte sehr gründlich, so daß in dem stammzahlreichen Bestand Pfaffenwinkel in Waldsassen 65—75 %, in dem lichterem Kiefernbaumholz Pustert sogar 80—90 % der Parzellenflächen bearbeitet waren.

Unmittelbar nach dem Fräsen wurden auf Versuchsglied III die über Nacht vorgequollenen Lupinensamen praxisüblich geimpft und ausgesät (Vermischen des Saatgutes mit Erde und zerquetschten Wurzeln von alten, üppig wachsenden Lupinenstöcken, deren Knöllchen Leghämoglobin enthielten und somit durch wirksam N₂-bindende Rhizobien infiziert waren). Da die Lupinen im Pfaffenwinkel nur schütter aufliefen, wurden die Fehlstellen im Mai 1965 mit 8 kg/ha Saatgut nachgesät und die Lupinen im März 1967 durch eine zusätzliche Düngung mit Superphosphat gefördert. Wegen der Vergleichbarkeit erhielten die übrigen Versuchsglieder im Pfaffenwinkel mit Ausnahme der Kontrollparzellen die gleiche Superphosphatdosis.

Die Gegenüberstellung der Versuchsglieder II und III ermöglicht es, die Wirkungen der Lupine von dem Effekt der vorbereitenden Fräsung und Grunddüngung wenigstens während der ersten Jahre zu trennen. Dem Vergleich zwischen dem Lupinenunterbau und einer praxisüblichen Stickstoffsalzdüngung dient dagegen Versuchsglied I. Die erste Kalkammonsalpetergabe (110 kg/ha N) im Frühjahr 1964 verbesserte die Stickstoffernährung der Kiefern nur mäßig. Deshalb wiederholten wir die Stickstoffdüngung im Mai 1966 noch einmal in gleicher Höhe.

3.2. Nadelanalytische Kontrolle

Im Pfaffenwinkel entnehmen wir im Herbst eines jeden Jahres auf allen Parzellen halbjährige Triebe aus der Kronenspitze. Hierzu wurden jeweils 10—20 Probestämme mit Leitern bestiegen.

3. Plan, Durchführung und Kontrolle der Versuche

3.1. Versuchsplan und -durchführung

Die Anlage der Experimente ist aus Abb. 1 ersichtlich. Mit Rücksicht auf geringfügige Alters- und Bonitätsunterschiede ist jeder Versuch in die drei Blöcke A-C unterteilt. Der Versuchsplan umfaßt vier Glieder (0, I-III), die auf jedem Standort dreifach wiederholt und innerhalb der Blöcke zufällig verteilt sind. Die Parzellen sind 0,12 ha groß und durch mindestens 5 m breite Trennstreifen voneinander isoliert. Beide Versuchsareale sind gezäunt.

Tabelle 3 orientiert über die Behandlungen sowie über Art und Zeitpunkt von Düngung und Bodenbearbeitung.

Als erstes wurde Anfang April 1964 auf den Versuchsgliedern I-III die CaPKMg-Grunddüngung manuell ausgebracht und anschließend auf den hierfür vorgesehenen Parzellen (Versuchsglieder II und III) 15—20 cm tief eingefräst. Wir setzten

Im Pustert sind die Bäume höher. Für die Nadelernnte mußten wir deshalb dort Zapfenpflücker einsetzen, die nur in den Jahren 1964, 1965, 1967 und 1969 zur Verfügung standen.

Die Nadelproben wurden nach den üblichen Methoden auf ihren Gehalt an Nährelementen untersucht (vgl. REHFUESS, 1967).

Tabelle 3

Übersicht über die Versuchsglieder

Versuchsglied	Bodenbearbeitung IV./V. 1964	zugeführte Nährelement- und Saatgutmengen (kg/ha)		
		IV./V. 1964	V. 1966	III. 1967 (nur Pfaffenwinkel)
0	—	—	—	—
I	—	1650 Ca 60 Ca (KAS) 70 P (T) 90 K 20 Mg 110 N	60 Ca (KAS)	45 Ca (S) 25 P (S)
II	Fräsung	1650 Ca 70 P (T) 90 K 20 Mg	110 N	45 Ca (S) 25 P (S)
III	Fräsung	1650 Ca 70 P (T) 90 K 20 Mg 20 Lupinen	—	45 Ca (S) 25 P (S)

Ca als CaCO₃ (40 dz/ha) und Thomasphosphat; Ca (KAS) als Kalkammonsalpeter; Ca (S) als Superphosphat; P (T) als Thomasphosphat (10 dz/ha); P (S) als Superphosphat (3 dz/ha); KMg als Patentkali (4 dz/ha); N als Kalkammonsalpeter (2×5 dz/ha)

3.3. Ertragskundliche Kontrolle

Die erste ertragskundliche Aufnahme führten wir vor der Bodenbearbeitung und Düngung im Winterhalbjahr 1963/64 durch. Die Versuchsbestände im Pfaffenwinkel wurden schon 1966 nach drei Jahren (vgl. Exkursionsführer Nr. 7, JUFRO-Kongreß München 1967) und erneut im Herbst 1969 nach weiteren drei Vegetationsperioden aufgemessen. Im Pustert überprüften wir die Wirkung der Behandlungen bisher erst einmal durch eine Aufnahme im Herbst 1968 nach fünfjähriger Laufzeit. Bei allen Aufnahmen wurden die Durchmesser der Bäume mit einem Stahlbandmaß mit Durchmesserteilung ermittelt und etwa 40 Höhen je Parzelle gemessen.

4. Wirkungen auf den Ernährungszustand der Kiefern

4.1. Stickstoffernährung

Beide Versuchsbestände litten zunächst unter starkem Stickstoffmangel. Auf den Kontrollparzellen (0) erreichten die mittleren Stickstoffgehalte der Kiefernadeln nur knapp 1,4 % und blieben während der ganzen Beobachtungsperiode unter der Schwelle

für eine ausreichende Stickstoffernährung (Abb. 2). Das auffallend ungünstige N-Versorgungsniveau aller nicht mit Stickstoff gedüngten Kiefern zu Beginn der Experimente ist vermutlich auf die außergewöhnliche Sommertrockenheit des Jahres 1964 zurückzuführen (vgl. WEHRMANN, 1961).

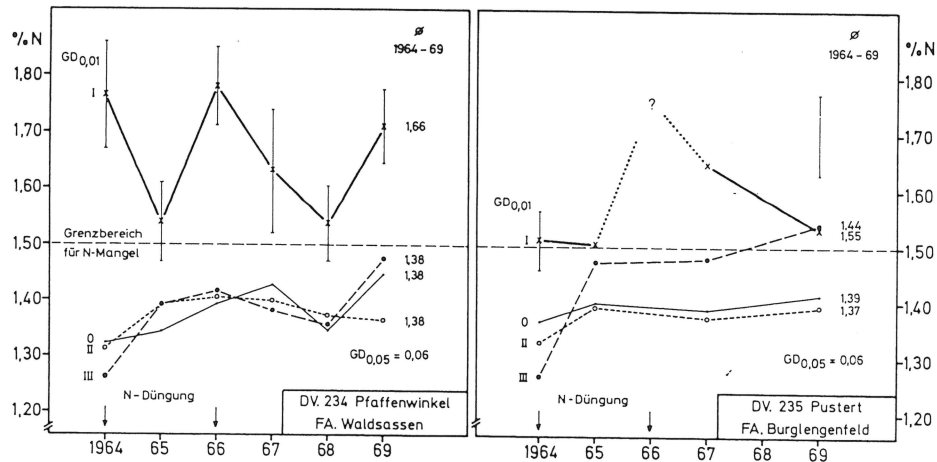


Abb. 2. Stickstoffspiegelwerte der Kiefern während der Beobachtungsperiode 1964—69. Mittelwerte von 3 (Pfaffenwinkel, Pustert 1969) bzw. 2 (Pustert 1964—67) Wiederholungen je Versuchsglied

Die zweimalige Gabe von jeweils 110 kg/ha Stickstoff als Kalkammonsalpeter, gekoppelt mit einer CaPKMg-Grunddüngung (I), bewirkte auf beiden Standorten einen deutlichen und für die Wuchsleistung relevanten Anstieg der Stickstoffspiegel auf durchschnittlich 1,7 bzw. 1,6%. Sie lagen während der ganzen Laufzeit der Versuche über dem Grenzbereich für Stickstoffmangel, obgleich optimale N-Versorgungsgrade nicht ganz erreicht wurden (1,9–2,0% N; vgl. KENNEL und WEHRMANN, 1967). Auch nach Abschluß der 6. Vegetationsperiode enthielten die mit Kalkammonsalpeter gedüngten Kiefern in ihren Nadeln noch immer signifikant mehr Stickstoff als ihre ungedüngten Nachbarn.

Zeitfunktionen und Durchschnittswerte für die Stickstoffspiegel vermitteln die Vorstellung, als hätte die gleiche Kalkammonsalpeterdosis die Stickstoffernährung der Kiefern auf Phyllit (Pfaffenwinkel) wesentlich stärker gefördert als auf den Kreidesedimenten im Pustert. Dieser Eindruck ist nur teilweise richtig. Die Nadelanalysen für den Bestand Pustert repräsentieren nicht den vollen Kalkammonsalpetereffekt; denn im Herbst 1966, also unmittelbar nach der sehr wirksamen zweiten Stickstoffdüngung, mußten wir dort leider auf eine Probenahme verzichten.

Die Grunddüngung mit Karbonatkalk, Thomasphosphat und Patentkali (II) hat auf den gefrästen Parzellen weder im Pfaffenwinkel noch im Pustert die Stickstoffspiegelwerte der Kiefern verbessert, obwohl durch diese Eingriffe die Konkurrenz der Zwergstrauchvegetation zumindest vorübergehend eingeschränkt und die Stickstoff-Mineralisation sicher gefördert wurde. Dies wird belegt durch das herdenweise Auftreten von *Epilobium angustifolium* und *E. montanum* auf allen gefrästen Parzellen in den ersten Jahren. Inzwischen ist dieser Mineralisationsstoß allerdings abgeklungen. Entsprechend ist die Weidenröschengesellschaft auf den nur gefrästen und grundgedüngten Feldern im Pustert längst durch einen lockeren Weiden-, Aspen- und Birkenunterstand, im Pfaffenwinkel durch einen dichten Callunateppich abgelöst worden.

Eine signifikante Verbesserung der Stickstoffernährung durch die Behandlung (II) ist wohl in erster Linie deshalb ausgeblieben, weil die intensive Bodenbearbeitung die oberflächennahen Wurzeln der Kiefern stark geschädigt, den Aufnahmeapparat für Nährelemente und Wasser also erheblich beeinträchtigt hat. Möglicherweise löste das Einfräsen des stickstoffarmen Rohhumus und der Beerkräutervegetation darüber hinaus auch eine zeitweilige Stickstoffsperre aus.

Der zusätzliche Unterbau mit *Dauerlupine* (III) verbesserte auf Phyllit in Waldsassen die Stickstoffversorgung des Kiefernoberstandes bisher erst geringfügig. Die Lupinen liefen hier nur schütter auf, vermutlich bedingt durch schlechtes Handelssaatgut, weniger intensive Bodenbearbeitung, stärkere Überschirmung und höheren Mäusebesatz. Ihr Bestand begann sich erst 1967 nach einer Kopfdüngung mit Superphosphat allmählich zu schließen. Die Produktion an Lupinen-Biomasse blieb aber bis zum Herbst 1968 unbefriedigend; das Ausbleiben eines kräftigen Lupineneffekts auf die Stickstoffversorgung der Kiefern ist somit verständlich. Erst 1969 heben sich die Stickstoffspiegel der Kiefern auf den Lupinenparzellen signifikant von den Vergleichswerten ihrer Nachbarn auf den reinen Fräsparzellen ab.

Im Pustert kamen die Lupinen dagegen sofort dicht an und bildeten, begünstigt durch den Lichtstand der Kiefern und die intensive Fräsung, schon im ersten Jahr einen nahezu geschlossenen und bis zu 30 cm hohen Bestand. Allerdings mußten die im Zaunschutz reichlich anfliegenden Weiden, Birken und Aspen mehrfach ausgezogen werden. Tests auf Leghämoglobingehalt der Lupinenknöllchen ergaben, daß diese effektiv luftstickstoffbindende Bakterien enthielten. Während im Herbst 1964 die mit Lupinen unterbauten Kiefern im Pustert unter allen Versuchsgliedern am schlechtesten mit Stickstoff versorgt waren, begannen ihre Stickstoffspiegel schon von 1965 an über das Niveau der Vergleichsbäume auf den Kontroll- und reinen Fräsparzellen hinaus anzusteigen. 1969 wurde erstmals die Mangelgrenze überschritten und das Versorgungsniveau der Kalkammonsalpeter-Parzellen erreicht in einer Phase, in der der Effekt dieser Stickstoffsaldüngung bereits deutlich zurückging.

4.2. Nadelgewichte

Unsere Experimente liefen im Trockenjahr 1964 an, als die Kiefern auf allen Parzellen ungewöhnlich kleine Nadeln ausbildeten (Abb. 3). Die Gewichte der rezenten Nadeln nahmen jedoch im Pustert seit 1965 und im Pfaffenwinkel seit 1966 kontinuierlich zu, und zwar unabhängig von der Behandlung. Diese stetige Vergrößerung der jeweils jüngsten Assimilationsorgane wurde vermutlich ausgelöst durch eine Folge relativ niederschlagsreicher Jahre im Zeitraum 1965–69. Sie fällt zusammen mit einer deutlichen Belebung des Höhenzuwachses seit 1965, die besonders gut im Pfaffenwinkel zu beobachten ist. Auch diese Beschleunigung des Höhenwachstums trat auf allen Versuchsgliedern ein, ist jedoch am stärksten ausgeprägt auf den mit Stickstoff gedüngten Parzellen.

Als Folge der kombinierten Kalkammonsalpeter- und Grunddüngung (I) wurden die Kiefernadeln auf beiden Standorten nicht nur stickstoffreicher, sondern bereits im Jahr der ersten Düngung auch schwerer. Die mit Stickstoff gedüngten Kiefern konnten ihre Spitzenstellung bezüglich der Nadelgewichte über sechs Vegetationsperioden hinweg halten. Die in 100 Nadelpaaren akkumulierten Stickstoffmengen wurden deshalb durch die Volldüngung relativ stärker erhöht als die Stickstoffkonzentrationen (Abb. 5). Da gleichzeitig die Spitzentriebe länger wurden (Tab. 4), und mutmaßlich auch die Zahl der Nadelpaare je Trieb anstieg, reagierten die Kiefern auf die N(CaPKMg)-Düngung mit einer deutlichen Vergrößerung ihres Assimilationsapparats. Auch heute noch zeichnen sich die mit Stickstoff gedüngten Bäume durch auffallend dunkelgrüne,

chlorophyllreiche und dichte Kronen aus. Sie sind dadurch zwar etwas stärker schneebruchgefährdet, besitzen dafür aber immer noch die Voraussetzungen für eine überlegene Trockensubstanzproduktion.

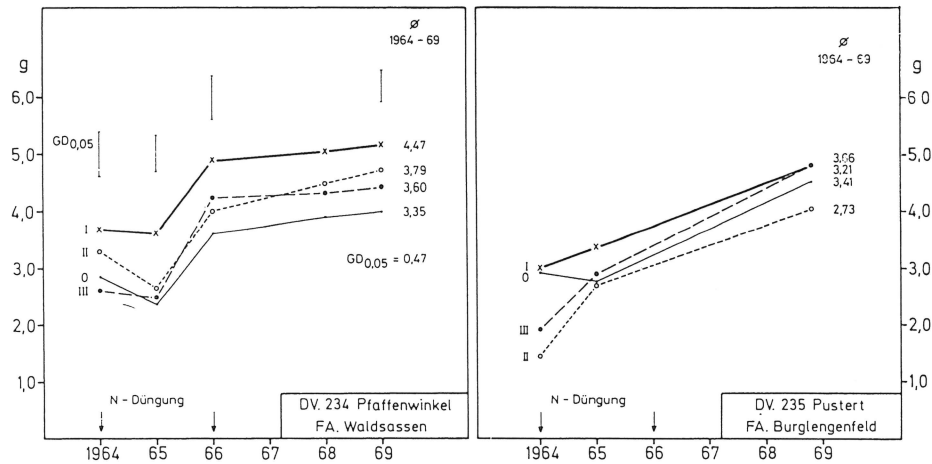


Abb. 3. Gewichte von 100 Kiefern-Nadelpaaren während der Beobachtungsperiode 1964—69. Mittelwerte von 3 (Pfaffenwinkel, Pustert 1969) bzw. 2 (Pustert 1964—67) Wiederholungen je Versuchsglied

Tabelle 4

Länge von Spitzentrieben aus der obersten Lichtkrone

Versuchsglied	Zahl der Triebe	Pfaffenwinkel (1968) FA. Waldsassen				Pustert (1969) FA. Burglengelfeld				
		Min. cm	Max. cm	Durchschnitt	%	Zahl der Triebe	Min. cm	Max. cm	Durchschnitt	%
O	33	10	27	19,5	100	73	5	25	15,0	100
I CaPKMg + N	30	19	37	29,8	156	77	9	32	20,3	135
II CaPKMg + Fräsen	32	13	33	21,3	109	81	4	22	12,9	86
III CaPKMg + Fräsen + Lupine	31	11	30	18,5	95	65	8	28	16,9	113

Umgekehrt waren die Kiefernkrone auf *allen* gefrästen Feldern (II und III) in den ersten beiden Jahren viel schütterer als auf den Kontrollparzellen. Diese Schädigung manifestiert sich allerdings in den Nadelgewichten nur für den Versuch Pustert und auch nur im Jahr 1964. Im Pfaffenwinkel trugen die gefrästen Kiefern fast während der ganzen Beobachtungszeit mittelschwere Nadeln. Im Pustert dagegen waren ihre rezenten Nadeln 1964 deutlich (wenngleich nicht gesichert) leichter, ihre Triebe besonders kurz; viele Bäume besaßen nur noch einen einzigen Nadeljahrgang und drohten abzusterben. Schon 1965 begannen sich aber die Kiefernkrone auf den gefrästen Parzellen auch im Pustert zu erholen. Bereits 1965 übertrafen die mit Lupine unterbauten Kiefern im Nadelgewicht die Kontrollbäume und erreichten 1969 gerade das Niveau der mit Stickstoff gedüngten Bestände.

4.3. Phosphorernährung

Die CaPKMg-Grunddüngung in Verbindung mit wiederholten Stickstoffgaben (I) erhöhte die Phosphorgehalte der Kiefernadeln so stark, daß die vollgedüngten Bäume praktisch während der ganzen Beobachtungsperiode allen übrigen Versuchsgliedern im P-Spiegel deutlich überlegen waren (Abb. 4).

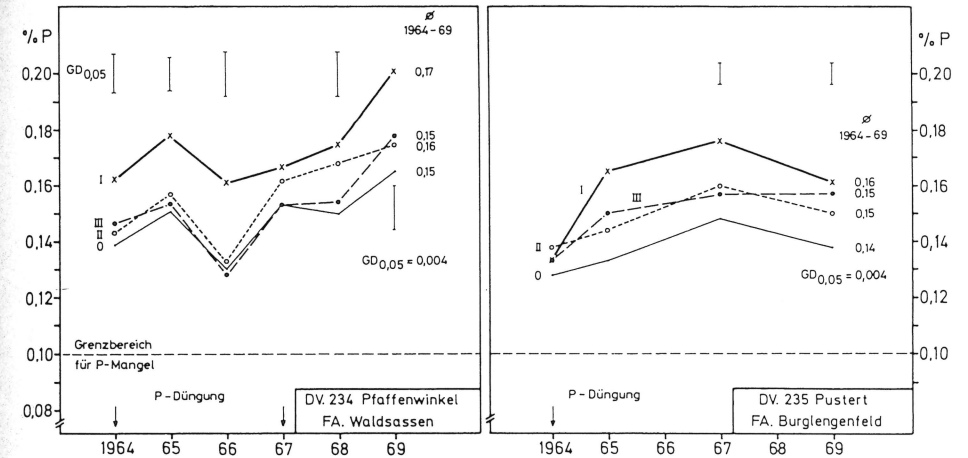


Abb. 4. Phosphorspiegelwerte der Kiefern während der Beobachtungsperiode 1964—69. Mittelwerte von 3 (Pfaffenwinkel, Pustert 1969) bzw. 2 (Pustert 1964—67) Wiederholungen je Versuchsglied

Obwohl die gefrästen Parzellen (II und III) genau die gleiche Phosphordosis erhalten hatten wie die Volldüngungsfelder, fanden wir dort nur eine geringe, meist nicht signifikante Verbesserung der Phosphorspiegel. Die P-Konzentrationen in den Nadeln der Kiefern variierten unabhängig vom Lupinenunterbau gewöhnlich auf einem mittleren Niveau zwischen den Versorgungsgraden der unbehandelten und der vollgedüngten Versuchsglieder. Wir führen auch diesen überraschenden geringen Ausschlag nach der Phosphordüngung in erster Linie zurück auf die erhebliche Schädigung des Wurzelsystems durch intensive Bodenbearbeitung. Außerdem ist zu berücksichtigen, daß dem vermehrten Phosphorangebot auf den gefrästen Parzellen kein entsprechend verbessertes Angebot an verfügbarem Stickstoff gegenüberstand. Da die N/P-Quotienten in den Kiefernadeln in der Regel nur geringfügig um einen mittleren Wert von 10 schwanken, lag für die Kiefern offenbar kein Anlaß vor, die Phosphordüngung stärker auszunutzen. In Übereinstimmung mit dieser Hypothese wurde der unerwartete Anstieg der N-Spiegelwerte 1969 auf den meisten Versuchsgliedern im Pfaffenwinkel sofort von einer gleichzeitigen Erhöhung der P-Konzentrationen begleitet (vgl. Abb. 2).

Die in den Kiefernadeln akkumulierten Phosphormengen werden auf unseren Versuchsfeldern weniger durch das Niveau der Konzentrationen als vielmehr durch die Variation der Nadelgewichte gesteuert. Ähnliches gilt für Kalium und Calcium. So ist z. B. der Anstieg der P-Konzentrationen auf den Volldüngungsfeldern wegen des beschleunigten Nadelwachstums gekoppelt mit einer überproportionalen Steigerung der Phosphormengen in 100 Nadelpaaren (Abb. 5). Das andere Extrem bilden die gefrästen, aber nicht mit Lupine unterbauten Kiefern im Pustert. Die leichte Zunahme ihrer P-Spiegel über den Versorgungsgrad der Kontrollbäume hinaus reichte hier bei

weitem nicht aus, um die Depression der Nadelgewichte zu kompensieren. Folglich schneiden diese Kiefern bei einem Vergleich zwischen den in den Nadeln enthaltenen P-Mengen besonders ungünstig ab.

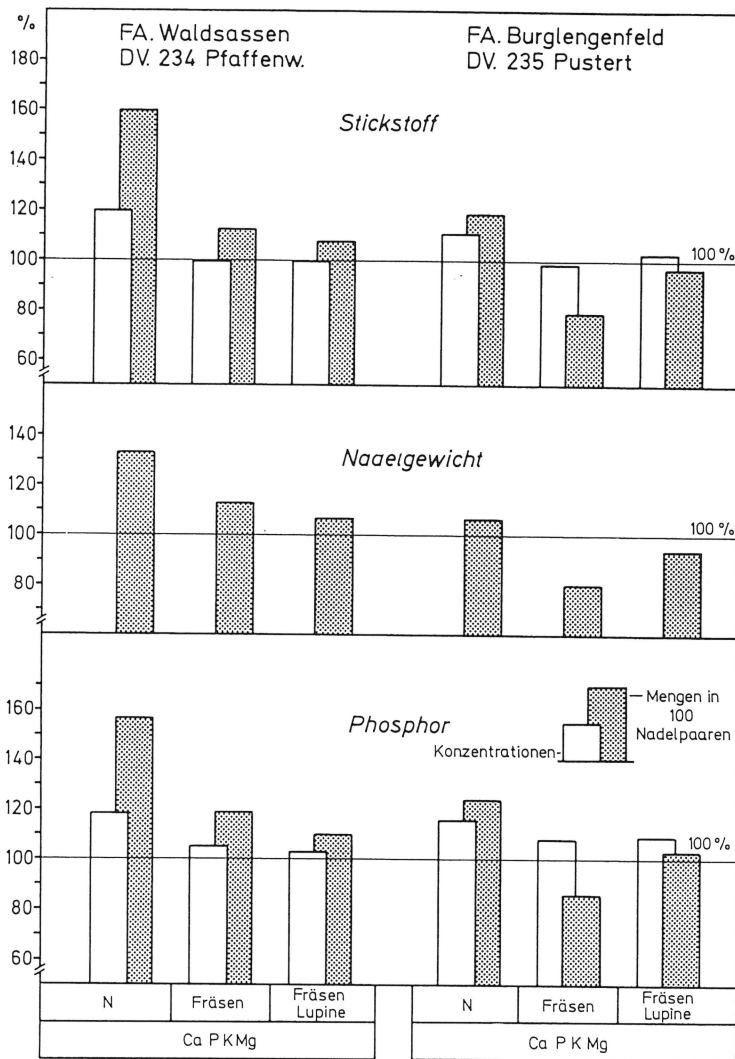


Abb. 5. Relative Veränderungen der durchschnittlichen Konzentrationen und Mengen an Stickstoff und Phosphor in den Kiefernadeln sowie der Nadelgewichte in Abhängigkeit von der Behandlung (1964—69). Kontrollbestände jeweils = 100 %

4.4. Kaliumernährung

Die einmalige Patentkaligabe mittlerer Höhe hat die Kaliumernährung der Kiefern nur schwach beeinflusst (Tab. 5). Lediglich in Verbindung mit wiederholter Stickstoffdüngung (I) bewirkte sie einen geringfügigen, nicht gesicherten Anstieg der K-Spiegel,

der fast über die ganze Beobachtungszeit anhielt. Dieser Effekt war im Pustert mit seinem insgesamt etwas niedrigeren Versorgungsniveau stärker ausgeprägt als im Pfaffenwinkel.

Tabelle 5

Durchschnittliche Kalium-, Magnesium-, Eisen- und Manganspiegelwerte der Kiefern in den Jahren 1964 bis 1969

Versuchsglied	DV. 234 Pfaffenwinkel FA. Waldsassen				DV. 235 Pustert FA. Burglengenfeld			
	K %	Mg %	Fe ppm	Mn ppm	K %	Mg %	Fe ppm	Mn ppm
0	0,596	0,075	139	628	0,549	0,096	190	968
I								
CaPKMg + N	0,619	0,078	134	422	0,641	0,092	174	667
II								
CaPKMg + Fräsen	0,588	0,095	133	526	0,593	0,104	182	710
III								
CaPKMg + Fräsen + Lupine	0,583	0,093	137	505	0,592	0,095	163	666
GD 0,05	—	0,004	—	—	—	—	—	105
0,01	—	0,005	—	—	—	—	—	153

4.5. Calciumernährung

Auf der Podsol-Braunerde aus Phyllit (Pfaffenwinkel), die nur niedrige Vorräte an Gesamtcalcium besitzt und den Kiefern nur geringe Mengen an verfügbarem Calcium anbietet, erhöhte die Ca-Zufuhr als CaCO₃, im Thomasphosphat, Superphosphat und Kalkammonsalpeter die Ca-Konzentrationen in den Kiefernadeln (Abb. 6). Dieser Anstieg war im ersten Jahr am stärksten in den mit Stickstoff gedüngten Beständen (I); ihre Ca-Spiegelwerte gingen aber danach stetig zurück und lagen von 1967 an nur noch knapp über dem Niveau der unbehandelten Vergleichsbestände. Umgekehrt be-

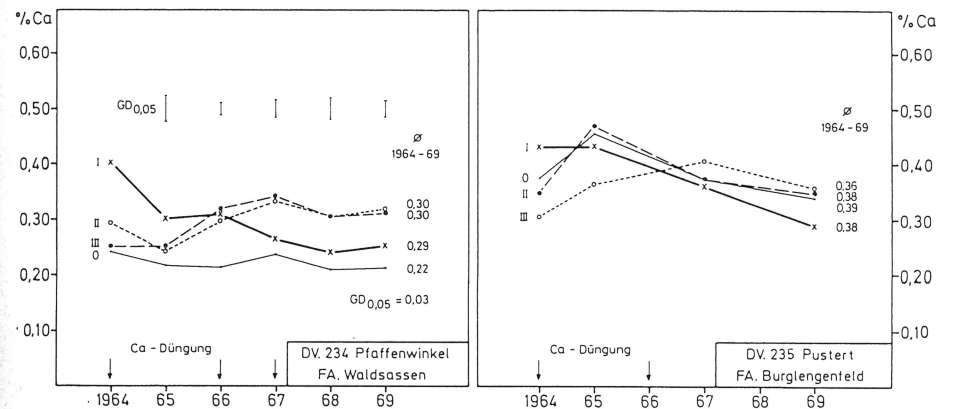


Abb. 6. Calciumspiegelwerte der Kiefern während der Beobachtungsperiode 1964—69. Mittelwerte von 3 (Pfaffenwinkel, Pustert 1969) bzw. 2 (Pustert 1964—67) Wiederholungen je Versuchsglied

gannen die Kiefern auf allen gefrästen Parzellen erst ab 1966, d. h. nach dem Abklingen der Frässchäden, Calcium stärker in ihren Nadeln anzureichern und waren von da an stets signifikant überlegen.

Der *Podsol-Pseudogley Pustert* weist höhere Ca_t -Vorräte auf und versorgt die Kiefern von vornherein besser mit Calcium. Der geringfügige Anstieg der Ca-Spiegelwerte nach Volldüngung, der hier ebenfalls zu beobachten war, klang rasch wieder ab. In den späteren Jahren und im Durchschnitt der Beobachtungsperiode variierten die Calciumgehalte der Kiefernadeln im Pustert weitgehend unabhängig von der Behandlung.

4.6. Magnesiumernährung

Auf der Podsol-Braunerde aus Phyllit in Waldsassen sind die ungedüngten Kiefern nicht nur mit Calcium, sondern auch mit Magnesium schlechter ernährt als auf dem Podsol-Pseudogley aus Kreidesedimenten in Burglengenfeld (*Tab. 5*). Verständlicherweise hat die schwache Mg-Düngung deshalb nur im Pfaffenwinkel und auch nur auf den gefrästen Parzellen (II und III) die Magnesium-Spiegelwerte der Bestände erhöht. Jene Kiefern, die in Waldsassen zusätzlich zur CaPKMg-Gabe auch noch mit Kalkammonsalpeter gedüngt wurden, nahmen zwar ebenfalls mehr Magnesium auf; die gleichzeitige Vergrößerung der Nadeln war jedoch so stark, daß ihre Mg-Gehalte sich nicht von den Mg-Spiegelwerten der ungedüngten Vergleichsbäume unterschieden.

4.7. Eisen- und Manganernährung

Die Eisenspiegelwerte der Kiefern wurden im Durchschnitt der Versuchsperiode weder durch die Bodenbearbeitung noch durch die Düngung nennenswert beeinflusst (*Tab. 5*). Auch eine differenziertere Betrachtung der Zeitfunktionen läßt keine signifikanten Unterschiede aufscheinen. Dagegen haben die Kalkung und der dadurch ausgelöste pH-Anstieg im Oberboden die Manganaufnahme insbesondere im Pustert erschwert, ohne daß dadurch jedoch die Wuchsleistung der Kiefern beeinträchtigt worden wäre.

5. Wirkungen auf den Zuwachs der Versuchsbestände

5.1. Die Methode der Zuwachsberechnung

Der einheitliche Versuchsplan für beide Experimente in ausreichend großen, in sich nahezu gleichartigen Beständen erlaubte es, für die ertragskundliche Auswertung die gleichen Verfahren anzuwenden. Als besonders günstig erwies sich dabei die Block-Anlage in dreifacher Wiederholung, wodurch die Aussagegenauigkeit mit Hilfe statistischer Methoden wesentlich verbessert wird.

Die rechnerische Bearbeitung der Aufnahmeergebnisse (zwei Aufnahmen nach jeweils 3jähriger Laufzeit für den DV. 234 im FA. Waldsassen; eine Aufnahme nach 5jähriger Beobachtung für den DV. 235 im FA. Burglengenfeld) erfolgte nach den mehrfach beschriebenen Verfahren der elektronischen Versuchsflächenauswertung (KENNEL, 1967; SCHMIDT, 1967) auf der Rechenanlage IBM 360/50 des Bayerischen Staatsministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten. Die für die Interpretation der Versuche in erster Linie interessanten Zuwachswerte sind als Differenzen der Grundflächen und Volumina zweier Aufnahmen bestimmt worden. Der ausscheidende Bestand wurde dabei berücksichtigt.

Durch diese einheitliche ertragskundliche Auswertung ist gewährleistet, daß alle Ergebnisse unbedenklich miteinander verglichen werden können.

5.2 Versuch Nr. 234 Pfaffenwinkel (FA. Waldsassen)

In der Diskussion der Ergebnisse bleibt zunächst die Zwischenaufnahme von 1967 außer Betracht. Wir prüfen also im folgenden die Zuwachswerte für die gesamte 6jährige Beobachtungsperiode (H 1963—H 1969), die zusammen mit den Bestandeskennwerten zu Versuchsbeginn in *Tab. 6* enthalten sind.

Tabelle 6

Ertragskundliche Bestandeskennwerte zu Beginn und Zuwachsverhältnisse während der Beobachtungsperiode 1964 bis 1969

Düngungsversuch Waldsassen Nr. 234 – Pfaffenwinkel
Baumart Kiefer; Alter im Herbst 1963: 81—90, im Mittel 86 Jahre;
Höhenbonität IV,5 (WIEDEMANN 1943, Kie. m. Df.)

Parzelle Nr.	Versuchsglied	Bestandeskennwerte zu Beginn (H 1963)						jährlicher Grundflächen- und Volumenzuwachs (H 1963—H 1969)			
		N	dg cm	hg m	hg 100 m	G m ²	V Vfm S	ig m ²	%	iv Vfm S	%
1	0 unbehandelt	1125	15,3	14,1	15,9	20,67	138,1	0,6017		6,63	
9		1192	15,0	13,4	16,0	21,12	136,9	0,5667		5,58	
11		1292	13,8	12,0	13,0	19,37	112,0	0,5817		4,82	
								0,5834	100,0	5,68	100,0
3	I CaPKMg + N	1342	14,2	13,0	15,7	21,17	134,4	0,8883		8,48	
5		1417	13,5	11,2	12,8	20,40	110,3	0,8900		8,97	
7		1117	14,8	13,4	15,2	19,16	120,5	0,7583		8,40	
								0,8455	145,2	8,62	151,8
4	II CaPKMg Fräsen	1283	14,2	12,9	14,1	20,44	125,5	0,6266		5,28	
8		1192	14,2	12,7	15,7	18,83	117,1	0,5883		5,12	
12		1308	14,0	12,4	14,4	20,22	121,8	0,5667		4,65	
								0,5939	101,8	5,02	88,3
2	III CaPKMg Fräsen + Lupine	1158	15,3	13,7	16,4	21,36	141,9	0,6433		6,08	
6		1258	14,1	11,8	13,6	19,67	112,0	0,6050		5,67	
10		1283	14,3	12,3	14,4	20,47	123,9	0,5950		6,02	
								0,6144	105,3	5,92	104,2

Um gesicherte Aussagen über die Wirkung der Düngungsmaßnahmen machen zu können, wurden die Grundflächen- und Volumenzuwächse zuerst einer Kovarianzanalyse unterzogen; denn es war zu erwarten, daß die zu Versuchsbeginn vorhandenen Unterschiede hinsichtlich Alter, Oberhöhe und Grundfläche zwischen den einzelnen Parzellen den Behandlungseffekt überlagern könnten. Diese Befürchtung erwies sich jedoch als unbegründet. Keine der kovariaten Größen hatte einen signifikante Einfluß auf die Zuwachsdifferenzen.

Eine anschließende Varianzanalyse bestätigte hochgesicherte Unterschiede zwischen den Volumenzuwächsen der vier Versuchsglieder ($F [3/8] = 28,013^{**}$). Berechnet man die Grenzdifferenzen für $P = 0,05$, so zeigt sich indessen, daß allein die mineralische Stickstoffdüngung (I) die übrigen Behandlungsarten hochsignifikant übertrifft. Die folgende Signifikanztabelle und *Abb. 7* verdeutlichen diesen Befund.

Die Kontrollparzellen (0), die unter N-Mangel leiden, leisteten im Durchschnitt der Beobachtungszeit einen jährlichen Volumenzuwachs von 5,7 Vorratsfestmeter Schaft-

	I	II	III
0	xxx	—	—
I	—	xxx	xxx
II	—	—	—

holz mit Rinde, was – nach Umrechnung auf Derbholtz – etwa dem Zuwachs der III. Bonität nach der Ertragstafel Kiefer m. Df. von WIEDEMANN (1943) entspricht.

Die Stickstoffsalzdüngung (I) mit 2×110 kg/ha Reinstickstoff in Form von Kalkammonsalpeter (KAS) hat im Laufe von sechs Jahren jährlich fast 3 Vfm S Mehrzuwachs gebracht. Diese hochsignifikante ($P < 0,001$) Zuwachssteigerung beträgt 52 %

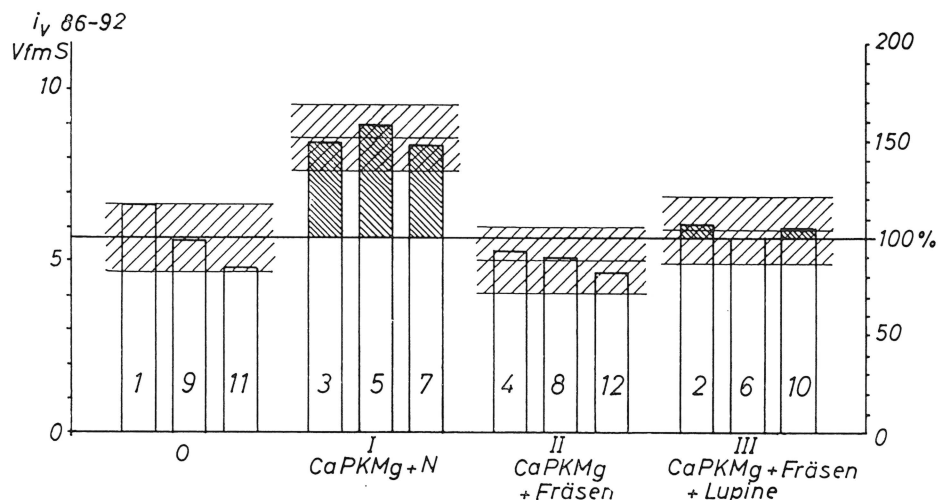


Abb. 7. Versuch Pfaffenwinkel. Die Wirkung der Behandlungen auf den jährlichen Schaftvolumenzuwachs während der ersten sechs Jahre (Altersperiode 86–92 Jahre). Auf der linken Ordinate ist der Zuwachs absolut, rechts in % des Kontrollparzellendurchschnitts aufgetragen. Die eng schraffierten Flächen bedeuten Mehrzuwachs gegenüber den Kontrollen, die weit schraffierten Flächen geben den Vertrauensbereich für 5 % Überschreitungswahrscheinlichkeit an

gegenüber den Vergleichsflächen. Auf der nahe gelegenen und standörtlich vergleichbaren Versuchsreihe Waldsassen 228 konnten KENNEL und KREUTZER (1967) nach dreimaliger KAS-Düngung mit jeweils 100 kg/ha Reinstickstoff einen Mehrzuwachs von 77 % nachweisen. Die durch jeweils 100 kg/ha N ausgelöste prozentuale Steigerung des Volumenzuwachses ist mit 24–25 % in beiden Versuchen nahezu gleich groß.

Auf den Parzellen mit CaPKMg-Grunddüngung und anschließender Bodenbearbeitung (II) ist der Volumenzuwachs auf 88 % der Nullflächen zurückgegangen. Dieser statistisch nicht gesicherte Zuwachsverlust ist höchstwahrscheinlich der Fräsarbeit anzulasten. Solche Zuwachsrückgänge nach intensiver Bodenbearbeitung in mittelalten Kiefernbeständen sind auch beim Düngungsversuch Speyer (ASSMANN, 1961) aufgetreten.

Der zusätzliche Lupinenunterbau (III) bewirkte im Pfaffenwinkel einen schwachen, nicht gesicherten Zuwachsanstieg von 4 % gegenüber den Kontrollflächen. Diese geringe Mehrleistung ist aber höher einzuschätzen, wenn man sich vergegenwärtigt, daß in den sechs Beobachtungsjahren zunächst der Zuwachsrückgang nach den Wurzelverletzungen aufgeholt werden mußte. So betrachtet, hat der Lupinenunterbau immerhin einen Mehrzuwachs von 0,9 Vfm S oder 18 % gegenüber den in Grunddüngung und Fräsung vergleichbaren Parzellen (II) ausgelöst.

Zieht man zur Klärung des zeitlichen Ablaufs der Lupinenwirkung auch noch die erste Aufnahme der Versuchsreihe nach dreijähriger Beobachtungsdauer (F 1967) hinzu, so ergibt sich, daß dieser geringe Mehrzuwachs ausschließlich in der letzten Beobachtungsperiode geleistet wurde (Abb. 8). Auf die Stickstoffzufuhr in Salzform (I) hat

der Volumenzuwachs der Kiefern von Anfang an kräftig und anhaltend reagiert. Dieser Befund deckt sich mit den Ergebnissen der nadelanalytischen Kontrolle, die für dieses Versuchsglied eine rasche und mindestens bis 1969 andauernde Verbesserung der Stickstoffernährung nachweist. Dagegen fiel der Volumenzuwachs auf allen gefrästen Parzellen (II und III) in den ersten drei Jahren unter die Leistung der Nullflächen. Während das nur grundgedüngte und gefräste Versuchsglied auch noch 1969 auf diesem abgesenkten Leistungsniveau verharrte, holte die Variante mit Lupinenunterbau im 2. Versuchsabschnitt auf. Sie erreichte vermutlich frühestens im 5. Jahr nach Versuchs-

Abb. 8. Versuch Pfaffenwinkel. Relative Veränderungen des Schaftvolumenzuwachses durch die Behandlungen während der Beobachtungsperiode (1964–69)

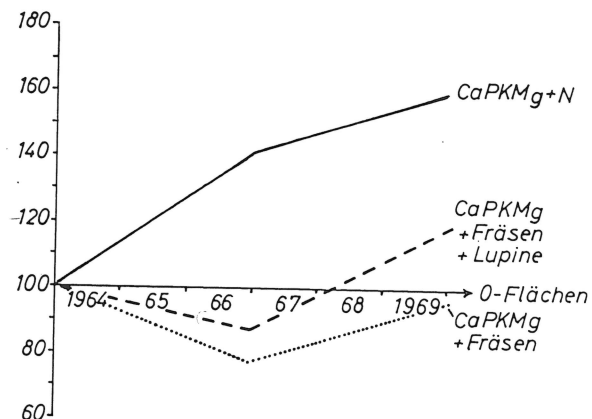


Abb. 8. Versuch Pfaffenwinkel. Relative Veränderungen des Schaftvolumenzuwachses durch die Behandlungen während der Beobachtungsperiode (1964–69)

von zahlreichen Höhenanalysen ebenfalls nach siebenjähriger Anlaufzeit eine nachhaltige Überlegenheit der unterbauten Kiefern im Höhenzuwachs nachweisen.

5.3 Versuch Nr. 235 Pustert (FA. Burglengenfeld)

Der Parallelversuch Pustert wurde bisher erst einmal nach fünfjähriger Beobachtungszeit ertragskundlich ausgewertet. Hierbei hatten wir mit der Schwierigkeit zu kämpfen, daß auf den einzelnen Parzellen von Anfang an erhebliche Unterschiede in den Volumina des aufstockenden Bestandes auftraten (93–185 Vfm). Es war deshalb zu prüfen, ob diese unterschiedlichen Ausgangsvorräte den Zuwachs der Versuchsglieder signifikant beeinflussen und somit mögliche Düngungseffekte überlagern. Über eine Kovarianzanalyse haben wir tatsächlich mit einer Wahrscheinlichkeit von 94 % einen solchen Einfluß festgestellt und ausgeschaltet. Die anschließende Streuungserlegung mit den bereinigten Zuwachswerten zeigt hochsignifikante Unterschiede zwischen den Versuchsgliedern ($F [3,7]: 24,86^{**}$). Bei näherer Betrachtung war jedoch, ebenso wie in Waldsassen, ein gesicherter Mehrzuwachs nur für die Flächen mit mineralischer N-Düngung nachzuweisen.

Die Versuchsergebnisse mit den tatsächlichen und den kovarianzanalytisch bereinigten Mittelwerten der verschiedenen Behandlungen sind in Abb. 9 und Tab. 7 zusammengestellt.

beginnt die Zuwachsleistung der Kontrollflächen und zeigt anschließend einen geringfügigen, nicht signifikanten Mehrzuwachs. Dieser fällt zusammen mit einem gesicherten Anstieg der N-Konzentrationen in den Kiefernadeln auf den mit Lupine unterbauten Parzellen im Jahr 1969.

Die rund fünf- bis siebenjährige Frist zwischen dem Lupinenunterbau und dem Einsetzen einer deutlichen Mehrleistung bestätigt die Beobachtungen ASSMANN (1961) auf einer Versuchsfläche des Forstamts Pfreimd/Opf. Er konnte dort an Hand

Tabelle 7

Ertragskundliche Bestandeskennwerte zu Beginn und Zuwachsverhältnisse während der Beobachtungsperiode 1964 bis 1968

Düngungsversuch Burglengenfeld Nr. 235 - Pustert

Baumart Kiefer; Alter im Frühjahr 1964: 72—86, im Mittel 77 Jahre; Höhenbonität III,5—IV,0 (WIEDEMANN 1943, Kie. m. Df.)

Parzelle Nr.	Versuchsglied	Bestandeskennwerte zu Beginn (F 1964)					jährlicher Grundflächen- und Volumenzuwachs (F 1964—H 1968)				mit COVA korrigiert	
		N	d _g cm	h _g m	h _g 100 m	G m ²	V Vfm S	i _g m ²	i _v Vfm S	%	i _v Vfm S	%
6	0	816	18,8	16,3	17,7	22,72	171,6	0,5456	4,93	100,0	4,26	100,0
8	unbehandelt	958	16,2	14,5	15,8	19,75	134,2	0,4955	3,74		7,85	
11		608	16,6	15,1	16,2	13,23	93,6	0,4403	4,13		8,07	
1	I	993	16,9	14,6	16,7	20,87	145,3	0,8701	7,85		8,48	
3	CaPKMg + N	1041	17,3	15,8	17,2	24,46	179,6	0,8468	8,07		4,78	
10		891	18,6	16,2	18,0	24,25	182,9	0,8704	9,53		3,50	
2	II	1000	16,7	14,9	16,3	21,79	153,3	0,5554	4,78		5,16	
7	CaPKMg	717	18,7	15,7	17,0	19,92	144,2	0,4735	3,50		4,48	
9	Fräsen	884	18,6	16,5	17,1	24,59	185,4	0,5496	5,16		105,2	
4	III	833	17,9	15,3	17,2	21,05	150,9	0,5581	5,19		4,37	
5	CaPKMg	842	17,6	14,8	16,4	20,47	142,5	0,5333	4,82		5,10	
12	Fräsen + Lupine	833	18,7	16,2	17,7	22,93	172,7	0,6241	5,34		120,0	
								0,5718	115,8		5,12	
											110,0	

Die *Kontrollbestände* (0) entsprechen mit ihrem korrigierten Volumenzuwachs von 4,6 Vfm S m.R. nach Umrechnung auf Derbholz etwa einer IV. Bonität nach WIEDEMANN.

Die *Volldüngung* (I) mit 2×110 kg/ha N als Kalkammonsalpeter hat im Pustert eine sehr beachtliche und hochsignifikante Mehrleistung von jährlich 3,6 Vfm Schaffholz oder 77 % erbracht, das entspricht einer prozentualen Steigerung des Volumenzuwachses um 35 % durch jeweils 100 kg/ha Stickstoff während der fünfjährigen Beobachtungsperiode.

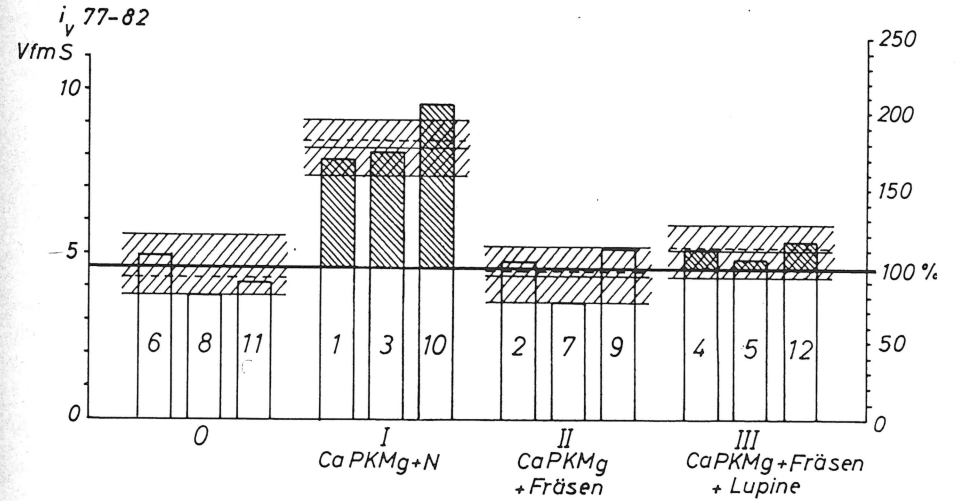


Abb. 9. Versuch Pustert. Die Wirkung der Behandlungen auf den jährlichen Schaftvolumenzuwachs während der ersten fünf Jahre (Altersperiode 77—82). Vgl. Anmerkungen zu Abb. 7. Gestrichelt = beobachteter Mittelwert der Versuchsglieder; ausgezogen = kovarianzanalytisch bereinigter Mittelwert

Die *Fräsung* hat trotz *CaPKMg-Düngung* (II) eine nicht gesicherte Zuwachsdepression um 6 % ausgelöst, die wie in Waldsassen auf die starken Wurzelverletzungen zurückzuführen ist.

Für die Bestände mit zusätzlichem *Lupinenunterbau* (III) bestimmten wir eine nicht signifikante Zuwachssteigerung um 10 % im Vergleich zu den Kontrollparzellen. Gegenüber den in Grunddüngung und Bodenbearbeitung vergleichbaren Flächen beträgt der Vorsprung allerdings rund 15 % oder 0,6 Vfm S (im Pfaffenwinkel 18 % bzw. 0,9 Vfm). Der durch die Lupine auf den gefrästen Parzellen bewirkte Mehrzuwachs ist somit im Vergleich zu den Ergebnissen in Waldsassen erstaunlich bescheiden, zumal die Lupinen im Pustert von Anfang an bessere Wachstumsbedingungen vorgefunden und die N-Versorgung der Kiefern deutlicher gefördert haben als im Pfaffenwinkel. Wir führen diesen Unterschied zwischen den beiden Versuchsanlagen und die Diskrepanz zwischen ernährungskundlichem und ertragskundlichem Befund hauptsächlich darauf zurück, daß der nadelanalytische und der ertragskundliche Kontrollzeitraum sich für den Versuch Pustert nicht decken. Die Lupinenwirkung dürfte sich bisher nach einer gewissen Anlaufzeit von Jahr zu Jahr verstärkt haben. In der Vegetationsperiode 1969 erhöhten die Lupinen die N-Spiegel der Kiefern im Pustert am deutlichsten (vgl. Abb. 2). Dieses Jahr 1969 ist wohl in den nadelanalytischen Daten repräsentiert, nicht aber in der ertragskundlichen Aufnahme von 1968. Möglicherweise hat auch ein besonders starker Wasserverbrauch der Lupinen in dem wärmeren Burglengenfelder Gebiet

verhindert, daß die Kiefern ihre bessere N-Ernährung mit einer stärkeren Wuchsbeschleunigung beantworten konnten.

6. Beziehungen zwischen dem Volumenzuwachs und dem Ernährungszustand

Für das Experiment Pfaffenwinkel (FA. Waldsassen) liegen die nadelanalytischen Daten lückenlos vor; ertrags- und ernährungskundliche Kontrollperioden stimmen genau überein, und die Zuwachsunterschiede zwischen den Versuchsgliedern sind nur geringfügig durch Differenzen in der Ausgangsbestockung beeinflusst. Deshalb haben wir diesen Versuch ausgewählt, um mit Hilfe einer multiplen Regressionsanalyse (Programm SNAP) zu prüfen, wie die Wuchsleistung der Versuchsbestände während der bisherigen Beobachtungszeit von ihrem mittleren Ernährungszustand abhängt.

Betrachten wir zunächst die Matrix der einfachen Korrelationskoeffizienten in Tab. 8! Der durchschnittliche jährliche Schaftvolumenzuwachs ist sowohl mit den Stickstoff- als auch mit den Phosphor- und Kaliumspiegelwerten sehr straff positiv gekoppelt. Dieser Befund ist verständlich, denn die Volldüngung (I), die als einzige Behandlung das Wachstum signifikant förderte, hat zu einer verstärkten Einlagerung dieser drei Elemente in die Kiefernadeln geführt. Folglich bestehen auch deutliche Interkorrelationen zwischen diesen drei Variablen. Außerdem sind die beiden Wachstumskriterien Volumenzuwachs und Nadelgewicht miteinander korreliert.

Tabelle 8

DV. 234 Pfaffenwinkel – Matrix der einfachen Korrelationskoeffizienten für die Beziehungen zwischen dem durchschnittlichen jährlichen Schaftvolumenzuwachs und den mittleren Nährlementsiegelwerten der Kiefern während der Periode 1964 bis 1969

Merkmal	Nadelgewicht	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn
		— Spiegelwerte						
i_v	0,68*	0,93**	0,85**	0,74**	0,24	-0,47	-0,07	-0,26
Nadelgewicht	—	0,84**	0,89**	0,37	0,58*	-0,03	-0,49	-0,58*
N		—	0,93**	0,63*	0,30	-0,36	-0,20	-0,43
P			—	0,63*	0,54	-0,14	-0,22	-0,42
K				—	0,10	-0,41	-0,03	-0,12
Ca					—	0,64*	-0,36	-0,43
Mg						—	-0,08	-0,22
Fe							—	0,18

Zufallshöchstwert von r für $P_{0,05} = 0,58$;
für $P_{0,01} = 0,71$

Für die mehrfache Abhängigkeit des Volumenzuwachses (y-Variable) von sämtlichen erfaßten nadelanalytischen Kennwerten (x-Variablen) errechnet sich eine multiple Bestimmtheit von 98 %. In dieser multilinenaren Regression weist aber nur der N-Gehalt der Nadeln einen Regressionskoeffizienten auf, der sich signifikant von 0 unterscheidet. Daher werden im Verlauf des Rechenprogramms alle übrigen x-Variablen schrittweise eliminiert, bis schließlich der Stickstoffversorgungsgrad als einzige, die Zuwachsdifferenzierung bestimmende Größe übrigbleibt. Die im Experiment Pfaffenwinkel im ersten Versuchsabschnitt beobachtete Variation des Volumenzuwachses kann

demnach statistisch zu 87 % auf Unterschiede in der Stickstoffernährung zurückgeführt werden.

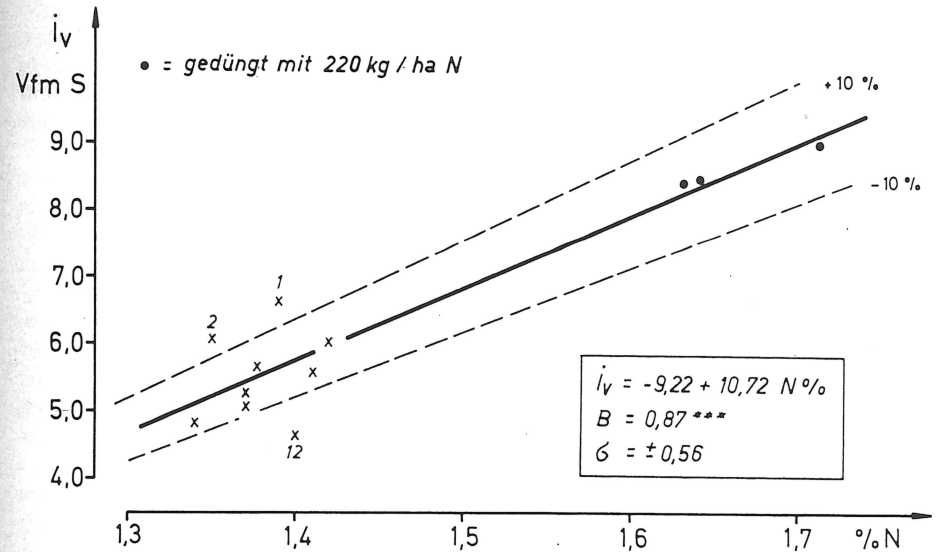


Abb. 10. Zusammenhang zwischen dem jährlichen Schaftvolumenzuwachs und den durchschnittlichen Stickstoffspiegelwerten der Kiefern im Versuch Pfaffenwinkel (1964—69)

Abb. 10 veranschaulicht diesen straffen Zusammenhang. Nur für drei Parzellen weicht der beobachtete Volumenzuwachs um mehr als 10 % von dem über die Regressionsgleichung errechneten Wert ab. Die Wuchsleistung der Bestände Nr. 1 und 2 ist beträchtlich höher als in Anbetracht ihrer N-Spiegelwerte zu erwarten wäre, weil sie die höchsten Ausgangsvorräte an Schaftholz besitzen. Das überraschend schlechte Abschneiden der Parzelle Nr. 12 können wir im Augenblick allerdings nicht befriedigend erklären.

7. Diskussion und Folgerungen

Auch in unseren Versuchsreihen hat die zusammen mit CaPKMg ausgebrachte Stickstoffsalzdüngung die Stickstoffernährung älterer Kiefernbestände rasch und sicher verbessert. Die Kiefern reagierten auf die zweimalige Kalkammonsalpetergabe (zusammen 220 kg/ha N) mit einer deutlichen Vergrößerung ihres Assimilationsapparates. Seine Leistungsfähigkeit nahm zu, denn die besonders assimilationstüchtigen jungen Nadeljahrgänge enthielten signifikant mehr Stickstoff und damit auch wahrscheinlich mehr Chlorophyll als die nicht mit Stickstoff gedüngten Vergleichsbestände (vgl. WEHRMANN und KELLER, 1963). Daraus resultierte eine beträchtliche Steigerung des Schaftvolumenzuwachses in den ersten sechs bzw. fünf Jahren um 52 bzw. 77 %, die allerdings mit einer leichten Erhöhung der Schneebruchgefahr einhergeht. Vier Jahre nach der letzten Stickstoffgabe waren die gedüngten Kiefern den Kontrollbeständen hinsichtlich Nadelgewicht, Kronendichte und Stickstoffspiegel noch immer deutlich überlegen, so daß mit einer erheblichen Nachwirkung zu rechnen ist.

Diese überlegene Wirkung der Volldüngung ist hauptsächlich dem Kalkammonsalpeteranteil zuzuschreiben. Zwar ließ diese Behandlung auch die P-Spiegelwerte der

Kiefern von rund 0,14 auf 0,16 bis 0,17 % ansteigen und führte auf Phyllit in Waldsassen mindestens vorübergehend zu einer Calcium-Anreicherung in den Kiefernadeln. Da die Versuchsbestände jedoch auch auf den Kontrollparzellen beider Experimente mit diesen drei Elementen ausreichend versorgt waren, dürfte die verstärkte Einlagerung von Phosphor, Kalium und Calcium in die Nadeln für die beobachtete Zuwachsteigerung bisher nur von geringer Bedeutung gewesen sein. Dementsprechend fanden wir bei einer multiplen Regressionsanalyse für den Versuch Pfaffenwinkel, daß nur der Stickstoffversorgungsgrad die Variation des Volumenzuwachses signifikant bestimmt.

Allerdings erhoffen wir uns von dem CaP-Anteil der Volldüngung auf lange Sicht sehr wohl einen beachtlichen Nutzen. Die P-Anreicherung im Oberboden garantiert eine ausreichende und harmonische P-Versorgung auch für den Fall wiederholter Stickstoffgaben. Die vollgedüngten Bestände produzieren wahrscheinlich mehr Streu mit einem höheren Phosphor- und (zumindest im Pfaffenwinkel) Calciumgehalt (vgl. HAUSSER und WITTICH, 1969). Diese Streu fällt in ein Milieu, in dem die Bedingungen für die Mineralisation und Humifizierung durch die Kalk- und Phosphatzufuhr verbessert sind. Wir erwarten, daß diese Effekte dazu beitragen, die Wirkungsdauer der Stickstoffdüngung zu verlängern. Diese Hoffnung wird bestätigt durch einen bemerkenswerten Wechsel in der Bodenvegetation auf den Volldüngungsfeldern im Pfaffenwinkel. Diese waren 1968 und 1969 von dichten und blühenden Epilobium-Rasen bedeckt, die die Vacciniumbestände zu verdrängen beginnen. Offensichtlich ist hier inzwischen eine kräftige Mineralisation in Gang gekommen, die das Angebot an verfügbarem Stickstoff für die Kiefern erhöht (vgl. Abb. 2).

Es ist technisch außerordentlich schwierig, jene Stickstoffmengen direkt zu bestimmen, die ein Lupinenunterbau mit Hilfe der Rhizobien aus der Atmosphäre in das Kiefernwald-Ökosystem einschleust. Wir versuchten deshalb, diese Luftstickstoffbindung indirekt am Einfluß auf die N-Ernährung der Kiefern zu erkennen und ihre Größenordnung durch Vergleich mit einer praxisüblichen Stickstoffsalzdüngung abzuschätzen.

Die bisherigen Versuchsergebnisse sind nicht besonders ermutigend und bestätigen frühere Feststellungen von ASSMANN (1965). Der *Lupinenunterbau* hat sich auf den überprüften Standorten als eine – wegen der erforderlichen Bodenbearbeitung – ziemlich aufwendige Meliorationsmaßnahme erwiesen. Sie ist im Vergleich zur Kalkammonsalpeterdüngung zudem mit beachtlichen Risiken belastet. So ist es uns in Waldsassen auf Phyllit trotz intensiver Fräsung und Düngung nicht gelungen, auf Antrieb einen wüchsigen Lupinenbestand zu begründen. Fünf Jahre lang war deshalb auch kein Einfluß der Lupine auf die Stickstoffversorgung der Kiefern festzustellen. Im Gegenteil löste die Fräsung starke Wurzelverletzungen aus, die trotz CaPKMg-Düngung zu einem vorzeitigen Abfall älterer Nadeljahrgänge und einem Schütterwerden der Kronen führten. In Burglengenfeld waren die im Jahr der Fräsung gebildeten Nadeln leichter, die rezenten Triebe kürzer als auf den Kontrollparzellen. Die gefrässten Kiefern waren offensichtlich anfangs nicht in der Lage, das durch die Bodenbearbeitung und die Grunddüngung erhöhte Angebot an mineralisiertem Stickstoff, an Phosphor und Kalium auszunützen. Sie reagierten auf die Fräsung mit einer (nicht signifikanten) Depression im Schaftvolumenzuwachs um 12 bzw. 6 % und haben sicher an Standfestigkeit eingebüßt. Überdies bewirkten Grunddüngung und Fräsung das Aufkommen eines konkurrenzstarken Weichlaubholzunterstandes im Pustert und eines dichten Calluna-Teppichs im Pfaffenwinkel.

Im Pustert gedeihen die Lupinen zwar sofort üppig, doch mußte dieser Erfolg ebenfalls mit erheblichen Wurzel- und Kronenschäden erkauft werden. Immerhin bewirkte der Lupinenunterbau hier schon im zweiten Jahr einen leichten (nicht signifikanten) Anstieg der N-Konzentrationen in den Nadeln über das Niveau der reinen

Fräs- und Kontrollparzellen hinaus. Trotzdem hat die Dauerlupine weder im Pustert noch im Pfaffenwinkel in den ersten fünf bzw. sechs Jahren einen gesicherten Mehrzuwachs ausgelöst.

Im Augenblick scheint in beiden Experimenten die Gewähr für eine langfristige, positive Lupinenwirkung gegeben zu sein, denn die Lupinen stehen jetzt ausreichend dicht und sind wüchsig. Diese Erwartung könnte sich jedoch auch als trügerisch erweisen. Die Dauerlupine kann auf podsoierten sandigen Böden in der Oberpfalz unter dem Kiefernschirm nachweislich jahrzehntelang gedeihen. Für schluffig-lehmige Standorte mit frischem oder wechselfeuchtem Wasserhaushalt braucht diese Erfahrung aber nicht unbedingt zuzutreffen. Nach unseren Beobachtungen besteht hier nicht selten die Gefahr, daß die Lupine durch Weichlaubhölzer überwachsen oder von Gräsern – vor allem *Deschampsia flexuosa* – bereits nach wenigen Jahren verdrängt wird. Vermag die Lupine die Stickstoffernährung der überschirmenden Kiefern effektiv zu verbessern, so wird sich deren Kronendach zunehmend schließen. Der damit verbundene Rückgang der Belichtungsintensität am Boden kann ebenfalls eine allmähliche Auflösung des Lupinenbestandes begünstigen.

Wägt man die bisherigen Ergebnisse unseres Vergleichs vorsichtig ab, so kommt man zu dem Schluß, daß die Düngung mit Stickstoffsalzen für die Verbesserung der N-Ernährung älterer Kiefernbestände auf den Versuchsstandorten als rasch wirksame, effektive und sichere Technik vorzuziehen ist. Diese Folgerung gilt solange, als nicht im weiteren Verlauf der Experimente eine besonders kräftige und anhaltende Zuwachsteigerung durch den Lupinenunterbau oder sonstige günstige Nebenwirkungen dieser Melioration nachgewiesen werden können.

Zusammenfassung

Auf zwei früher streugenutzten Standorten in der Oberpfalz vergleichen wir die beiden gebräuchlichsten Verfahren zur Verbesserung der Stickstoffernährung älterer Kiefernbestände miteinander:

- die Düngung mit Kalkammonsalpeter, die wie praxisüblich ohne Bodenbearbeitung ausgebracht wird, und
- den Lupinenunterbau; der auf den Versuchsflächen nur nach intensiver Fräsung gelingt.

Da die Dauerlupine hier außerdem erst nach kräftiger Kalkung und Phosphatzufuhr befriedigend gedeiht, werden beide N-Formen auf der Basis gleicher CaPKMg-Düngung überprüft.

Die zweimalige Gabe von jeweils 110 kg/ha Stickstoff hat sich auch in unseren Versuchen als eine zuverlässige und effektive Technik zur Beseitigung des Stickstoffmangels bewährt. Im Durchschnitt der fünf- bis sechsjährigen Beobachtungsperiode stiegen die Stickstoffspiegelwerte der Kiefern signifikant von 1,38 und 1,39 % auf 1,66 bzw. 1,55 % an. Die Nadeln wurden um 10 bis 50 % schwerer, die Triebe länger, die Kronen dichter und dunkelgrün. Die gleichzeitig verabreichte P-Düngung erhöhte die P-Konzentrationen in den Kiefernadeln von rund 0,14 auf 0,16 bis 0,17 %. Die Versuchsbestände reagierten auf diese bessere N- und P-Versorgung mit einer Steigerung des Schaftvolumenzuwachses um 52 bzw. 77 % oder 3,0 bzw. 3,6 Vfm/ha/a.

Der Unterbau mit Dauerlupine hat dagegen zunächst die N-Versorgung der Kiefern nur geringfügig verbessert. Erst in der 6. Vegetationsperiode nach Versuchsbeginn stiegen ihre Stickstoffspiegel signifikant über das Niveau der Vergleichsflächen hinaus an. Auch die P-Düngung wurde von den mit Lupine unterbauten Kiefern bislang nicht mit einer gesichert stärkeren P-Aufnahme beantwortet. Ihr Schaftvolumenzuwachs lag nur um 4 bzw. 10 % (nicht gesichert) über der Leistung der Kontrollparzellen.

Diese eindeutige Unterlegenheit des Lupinenunterbaues während des ersten Versuchsabschnittes ist wohl hauptsächlich auf die erheblichen Schäden zurückzuführen, die durch das intensive Fräsen an den oberflächennahen Wurzeln der Kiefern verursacht wurden. Die Fräsung allein bewirkte trotz Grunddüngung mit CaPKMg eine (nicht gesicherte) Zuwachsdepression um 6 bis 12 % gegenüber den unbehandelten Beständen.

Wir haben zu danken: der Oberforstdirektion Regensburg und den beteiligten Amtsvorständen, Herrn Forstdirektor BAMBERG und Herrn Forstdirektor GOLLINGER für die großzügige Unterstützung der Versuche; Herrn Prof. Dr. ASSMANN und Herrn Prof. Dr. LAATSCH für ihren kritischen Rat; Fräulein E. CASPERSMAYER und Fräulein A. KÜNKELE für die sorgfältige Durchführung der Analysen.

Summary

Two commonly practiced methods in order to improve the nitrogen nutrition of older pine (*Pinus silvestris*) stands were compared on two sites, which were previously damaged by litter gathering. The procedures were as follows:

- a. a manual dispersion of nitrochalk fertilizer on the ground was employed without any mechanical soil treatment; and
- b. a lupine (*Lupinus polyphyllus*) understory was established after intensive tilling of the top soil, which was necessary for a satisfactory lupine cover in the experimental areas.

Moreover, a good growth of perennial lupines was only achieved after heavy liming and phosphate dressings. Therefore the effects of both nitrogen sources were tested on the basis of the same CaPKMg-fertilization.

The twofold addition of 110 kg/ha nitrogen as nitrochalk has once more proved to be a very effective and reliable technique for correcting nitrogen deficiency in pine forests. During the initial 5–6 years of experimentation, the average nitrogen levels of current pine needles raised significantly from 1.38 and 1.39 % to 1.66 and 1.55 %, respectively. The needle weight and the shoot length were increased, and the crowns of pine trees fertilized with nitrogen became denser and darker green in colour as compared with check trees. Phosphate fertilization, which was combined with nitrogen addition, augmented the average phosphorus concentrations of pine needles from 0.14 % to 0.16–0.17 %. The better nitrogen and phosphorus nutrition of pine stands in this treatment led to a 52–77 % increase of volume increment, corresponding to 3.0 and 3.6 m³/ha/a.

The lupine understory until now had only a slight effect upon the nitrogen supply of pine trees. It took more than 5 vegetation periods before the N concentrations of current pine needles on the lupine plots for the first time exceeded significantly those of the control stands. Pine trees associated with lupines apparently were not able to utilize the phosphate fertilizer and to increase the P content of their needles. Annual volume increment of stands treated with lupines was only 4–10 % higher than volume growth of control stands; this difference was not significant.

There is some evidence, that the failure of lupine treatment during the early years of the study was mainly due to heavy root damages on pine trees, caused by intensive tilling. Tilling alone, although combined with CaPKMg-fertilization, resulted in a 6–12 % (not significant) reduction of volume growth.

Literatur

ASSMANN, E., 1961: Waldertragskunde. Bayer. Landwirtschaftsverlag München-Bonn-Wien. — Ders., 1965: Düngung und Melioration von Waldbeständen in ertragskundlicher Sicht. Allg. Forstzeitschrift 20, 241. — EMBERGER, S., 1965: Die Stickstoffvorräte bayerischer Waldböden.

Forstw. Cbl. 84, 156. — FIEDLER, H. J., u. Mitarb., 1962: Auswertung eines Streunutzungsversuches von H. Vater aus dem Jahre 1912. Archiv f. Forstwesen 11, 70. — FRANZ, F., 1967: Düngungsversuche und ihre ertragskundliche Interpretation. Ber. Kolloquium f. Forstdüngung Jyväskylä, 91. — HAUSSER, K., u. WITTICH, W., 1969: Ergebnisse eines Düngungsversuchs zu 66jährigen Fichten auf einem typischen Standort des oberen Buntsandsteins im Würt. Schwarzwald. Allg. Forst- u. Jagdzeitung 140, 49. — HEILMAN, P. E., and GESSEL, S. P., 1963: The effect of nitrogen fertilization on the concentration and weight of nitrogen, phosphorus and potassium in Douglas-fir trees. Soil Sci. Soc. America Proc. 27, 102. — KELLER, T., und WEHRMANN, J., 1963: CO₂-Assimilation, Wurzelatmung und Ertrag von Fichten- und Kiefernbeständen bei unterschiedlicher Mineralstoffernährung. Mitt. Schweiz. Anst. Forstl. Versuchswesen 39, 217. — KENNEL, R., 1967: Ertragskundliche Ergebnisse neuer Düngungsversuche in Kiefern-, Fichten- und Buchenbeständen Bayerns. Forstw. Cbl. 86, 13. — KENNEL, R., und WEHRMANN, J., 1967: Ergebnis eines Düngungsversuchs mit extrem hohen Stickstoffgaben in einem Kiefernbestand geringer Bonität. XIV. IUFRO-Kongreß München, VI, 216. — KRAUSS, H. H., 1964: Beitrag zum Hilfspflanzenanbau (Dauerlupine, einjährige Lupine, Waldstaudenroggen, Steinklee) im nordostdeutschen Tiefland. DAL Berlin, Tagungsbericht Nr. 66, Düngung und Melioration in der Forstwirtschaft, 219. — KREUTZER, K., 1967: Ernährungszustand und Volumenzuwachs von Kiefernbeständen neuer Düngungsversuche in Bayern. Forstw. Cbl. 86, 28. — Ders., 1969: Die Beurteilung der standörtlichen Produktionsbedingungen. Allg. Forstzeit-schr. 24, 546. — Ders., 1970: Der Einfluß der Streunutzung auf die Stickstoffernährung der Kiefer in der Oberpfalz. Vortrag Forstw. Hochschultagung München. — MILLER, R. B., 1964: Wirkung von Meliorationsmaßnahmen zur Verbesserung der Humusform auf den Humus- und Stickstoffvorrat von Waldböden. Diss. Göttingen. — REHFUESS, K. E., 1965: Ernährung und Wachstum der Dauerlupine (*Lupinus polyphyllus* L.) unter Kiefernschirm auf Oberpfälzer Standorten. Forstw. Cbl. 84, 265. — Ders., 1967: Standort und Ernährungszustand von Tannenbeständen (*Abies alba* Mill.) in der südwestdeutschen Schichtstufenlandschaft. Forstw. Cbl. 86, 321. — SCHMIDT, A., 1967: Der rechnerische Ausgleich von Bestandeshöhenkurven. Forstw. Cbl. 86, 370. — Ders., 1966: Gedanken zur elektronischen Auswertung von Versuchsflächenaufnahmen. Forstw. Cbl. 85, 178. — WEHRMANN, J., 1959: Die Mineralstoffernährung von Kiefernbeständen (*Pinus silvestris*) in Bayern. Forstw. Cbl. 78, 129. — Ders., 1961: Die Auswirkung der Trockenheit von 1959 auf die Nährelementversorgung bayerischer Kiefernbestände. Forstw. Cbl. 80, 272. — WITTICH, W., 1954: Die Melioration streugenutzter Böden. Forstw. Cbl. 73, 211. — Ders., 1964: Die Bedeutung der Humusform für die Ernährung des Waldes und die Entwicklung seiner Böden. Allg. Forstz. 19, 29. — ZÖTTL, H., und KENNEL, R., 1962: Die Wirkung der Ammoniakgas- und Stickstoffsalzdüngung in Kiefernbeständen. Forstw. Cbl. 81, 65.

Untersuchungen über die Erreger von Stammfäulen in Fichtenbeständen

Von H. v. PECHMANN und H. v. AUFSSESS

Aus dem Institut für Holzkunde und Forstnutzung der Forstlichen Forschungsanstalt München

1. Einleitung

Die in Fichtenbeständen wie auch bei anderen Nadelbaumarten überaus häufige und oft sehr ausgedehnte Stammfäule wird in der Regel summarisch als „Rotfäule“ bezeichnet und auf Befehl durch den Wurzelpilz *Fomes annosus* zurückgeführt. Vergleichende Beobachtungen zeigen aber, daß es sich dabei nicht um eine einheitliche Erkrankung handeln kann, da die Infektion offensichtlich von ganz verschiedenen Eintrittspforten ausgeht. Bei genauerer Betrachtung können vielfach im selben Stamm neben einer vom Wurzelbereich aufsteigenden Rotfäule noch weitere, an anderen

FORST- WISSENSCHAFTLICHES CENTRALBLATT

ZUGLEICH ZEITSCHRIFT FÜR DIE VERÖFFENTLICHUNGEN
DER FORSTLICHEN FORSCHUNGSANSTALT MÜNCHEN

Unter Mitwirkung von

*E. Assmann, München / F. Backmund, München / H. Burger, Zürich
V. Dieterich, München / R. Geiger, München / J. N. Köstler, München
W. Laatsch, München / K. Mantel, Freiburg / R. Plochmann, München
E. Rohmeder, München / A. von Schönborn, München / P. Schütt,
München / W. Schwenke, München / J. Speer, München / W. Wittich,
Göttingen*

herausgegeben von

H. von Pechmann

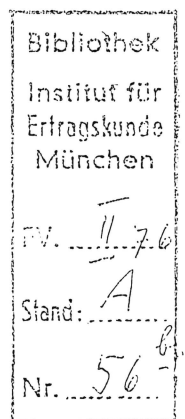
90. JAHRGANG

Mit 159 Abbildungen



1971

VERLAG PAUL PAREY · HAMBURG UND BERLIN
LANDWIRTSCHAFT · VETERINÄRMEDIZIN · GARTENBAU · FORSTWESEN · JAGD UND FISCHEREI
HAMBURG 1 · SPITALERSTRASSE 12



Inhaltsverzeichnis für den 90. Jahrgang

I. ABHANDLUNGEN

AKÇA, Dr. A., HILDEBRANDT, Prof. Dr. G., und REICHERT, P., Freiburg: Baumhöhenbestimmung aus Luftbildern durch einfache Parallaxenmessung	201
ASSMANN, Prof. Dr. E., München: Zuverlässige Grundlagen für eine bewegliche Planung in der Forstwirtschaft	183
BAUMGARTNER, Prof. Dr. A., München: Wald als Austauschfaktor in der Grenzschicht Erde/Atmosphäre	174
BRAUN, Prof. Dr. H. J., Freiburg: Eine Methode für die Untersuchung des Wasserverbrauches der Holzpflanzen, II. Ergebnisse der Testversuche	319
DANZ, Dr. W., KARL, Dr. J., und TOLDRIAN, H., München: Über den Waldzustand im oberbayerischen Hochgebirge	87
DIETERICH, Prof. Dr. Dr. h. c. V., Stuttgart: Der Begriff „Wirtschaft“ im forstlichen Sprachgebrauch, seine oft mißbräuchliche Verwendung, seine Besonderheit, bezogen auf Wald und Forstwesen	65
DIMITRI, Dr. L., ZYCHA, Prof. Dr. H., und KLIEFOTH, R., Hann. Münden: Untersuchungen über die Bedeutung der Stubbeninfektion durch <i>Fomes annosus</i> für die Ausbreitung der Rotfäule der Fichte	104
DROSTE, zu HÜLSHOFF, Dr. B. VON, München: Organisation und Technik einer optimalen Informationsverarbeitung in der Forstwirtschaft unter Einsatz der EDV	57
ERNST, Prof. Dr. F., München: Der Wandel der Jagd im bayerischen Alpenvorland	215
EVERS, Dr. F. H., Stuttgart-Weilimdorf: Über Schäden in Fichtenbeständen durch abgeschwemmte Auftausalze	363
FRANK, A., München: Naturschutz und Forstverwaltung?	156
HAFNER, Prof. Dr. F., Wien: Von der Notwendigkeit der technischen Ausbildung beim Studium der Forstwirtschaft	134
KENNEL, Dr. R., München: Die Konstruktion von Ertragstafeln mit Hilfe von Durchmesserverteilungen und Einheitshöhenkurven	117
KÖSTLER, Prof. Dr. Dr. h. c. J. N., München: Zwanzig Jahre Vorrats- und Zuwachskontrolle im Stadtwald Traunstein	189
KROTH, Prof. Dr. W., und ZANG, P., München: Das Waldbrandrisiko in den bayerischen Staatsforsten	328
KUONEN, Prof. Dr. V., Zürich: Walderschließung und forstlicher Straßenbau in der Schweiz	153
LAATSCH, Prof. Dr. W., München: Bodenschutz im Bergwald des bayerischen Alpengebietes	159
LEIBUNDGUT, Prof. Dr. Dr. h. c. H., Zürich: Integrale Walderschließung	135
LIESE, Prof. Dr. W., und PARAMESWARAN, Dr. N., Hamburg-Lohbrügge: Über die Rindenanatomie starkborkiger Fichten	370
LOETSCH, Prof. Dr. F., Reinbek: Waldinventuren mit Hilfe von Listenstichproben	3
MIEHLICH, Dr. G., Reinbek: Einfluß des Fichtenreinanbaus auf Grobporenverteilung, pH-Wert, Humus und Nährelementgehalte eines Lösslehm-Pseudogleys	301
PECHMANN, Prof. Dr. H. VON, München: Der Wald in der Wirtschaft und im Denken des 16. Jahrhunderts	224
PECHMANN, Prof. Dr. H. VON, und AUFSSESS, Dr. H. VON, München: Untersuchungen über die Erreger von Stammfäulen in Fichtenbeständen	259

REHFUESS, Prof. Dr. K. E., und SCHMIDT, Dr. A., München: Die Wirkung von Lupinenunterbau und Kalkammonsalpeterdüngung auf den Ernährungszustand und den Zuwachs älterer Kiefernbestände in der Oberpfalz. Erste Ergebnisse nach sechsjähriger Versuchsdauer	237
REHFUESS, Prof. Dr. K. E., München: Einige Entwicklungslinien und Aufgaben der forstökologischen Forschung in Süddeutschland	349
ROHMEDEK, Prof. Dr. E., München: Die Züchtung der Fichte auf frühzeitige und starke Borkenbildung	74
SANKTJOHANSER, Dr. L., München: Zur Frage der optimalen Wegedichte in Gebirgswaldungen	142
SCHOENWALD, H. R., Reinbek: Das Wirken von Dr. GEORG ESCHERICH für die Tropenforstwirtschaft	390
SEIBERT, Prof. Dr. P., München: Landschaftspflege als Voraussetzung einer nachhaltigen Erholungseignung	285
SIEPMANN, Dr. R., Hann. Münden: Über <i>Odontia bicolor</i> (Alb. & Schw.) Quel. und <i>Amylostereum areolatum</i> (Fr.) Boidin, zwei stammfäuleerregende Basidiomyceten in lebenden Fichten (<i>Picea abies</i>)	337
TIMMINGER, J., und PECHMANN, Prof. Dr. H. VON, München: Zeitstudien beim österreichischen Erntezug im Forstamt Partenkirchen/Obb.	42
WEIGER, H., Marienstein: Das Abschätzen der Wasserversorgung von Waldbeständen auf Pseudogleyen	375

II. MITTEILUNGEN

Hochschulnachrichten	128
--------------------------------	-----

III. BUCHBESPRECHUNGEN

Sozialstruktur und Organisation von Forstbetrieben, von W. SAGL, besprochen von W. KROTH	297
Wasserhaushalt und Einzugsgebiet. Gewässerkundliche Untersuchungen im Einzugsgebiet der Ruhr in den Jahren 1951—1965, von E. KIRWALD, besprochen von P. SEIBERT	298
Bestockungsumbau im Trockengebiet Oberrhein, von O. VOGEL, besprochen von P. SEIBERT	299
Handbuch der Pflanzenanatomie. Allgemeiner Teil. Band V, Teil 2, "The Phloem", von K. ESAU, besprochen von P. SCHÜTT	300
Experimentelle Untersuchungen über pflanzenschädigende Fluorwasserstoff-Konzentrationen, von R. GUDERIAN u. a., besprochen von P. SCHÜTT	300
Einfluß von Pflanzverband und Herkunft auf das Wachstum der Kiefer im Versuch Bremervörde, von J. H. MATHIEU, besprochen von A. SCHMIDT	340
Regeln und Begriffe für die dokumentarische Erfassung von Pflanzenschutzliteratur, von W. LAUX, W. SICKER und D. BLUMENBACH, besprochen von E. ROHMEDEK	341
Der Adlerfarn und seine Bekämpfung mit Aminotriazol, von C. VOLGER, besprochen von P. SCHÜTT	341
Readings in Forest Economics, von Mitgliedern des nordischen forstökonomischen Seminars, hrsg. von A. SVENDSRUD, besprochen von W. KROTH	342
Bodenkunde in Stichworten, von D. SCHROEDER, besprochen von R. HÜSER	343
Die deutschen Namen wichtiger Arthropoden, von Dr. G. SCHMIDT, besprochen von M. POSTNER	344
Lehrbuch der Entomologie, von Dr. H. EIDMANN, 2. Auflage, neubearbeitet von Dr. F. KÜHLHORN, besprochen von M. POSTNER	344
Blütenökologie, von H. KUGLER, besprochen von P. SCHÜTT	345
Handbuch der Nadelgehölze, 1. Lieferung, Bg. 1-3, von G. KRÜSSMANN, besprochen von P. SCHÜTT	345