

Ernährungszustand und Wachstum von Fichten-Altbeständen nach Ammoniakgas- und Stickstoffsalzdüngung

Von H. ZÖTTL und R. KENNEL

*Aus dem Institut für Bodenkunde und Standortslehre und aus dem Institut für Ertragskunde
der Forstlichen Forschungsanstalt München*

Inhalt: 1 Einleitung – 2 Fragestellung – 3 Versuchsanlage – 4 Ernährungszustand der Bäume
4 1 Abhängigkeit der Nährelementgehalte halbjähriger Nadeln von ihrer Position im obersten
Kronenraum – 4 2 Nährelementgehalte in München-Süd – 4 3 Nährelementgehalte in Mähring
4 4 Vergleich beider Versuchsflächen – 5 Jahrringbreiten, Grundflächen- und Derbholzzuwachs
5 1 Methodik – 5 2 München-Süd – 5 3 Mähring – 6 Beziehung zwischen den nadelanalyti-
schen Ergebnissen und den Zuwachswerten – 7 Rentabilität der Düngung – 8 Zusammen-
fassung – Summary.

1 Einleitung

Hinweise in älteren Arbeiten (HESSELMAN 1925, BURGER 1930, KRAUSS u. WOBST 1935, WITTICH 1942) und neuere Untersuchungen (LEYTON 1957, MITSCHERLICH u. WITTICH 1958, STREBEL 1960) ergaben, daß in Fichtenbeständen die Nährelementversorgung vor allem hinsichtlich Stickstoff häufig unzureichend ist und das Wachstum hemmt. Durch Verbesserung des Ernährungszustandes der Bäume lassen sich deshalb Mehrerträge erzielen. Hierzu wendet man vielfach Handelsdüngemittel an.

Eine Reihe von Düngungsversuchen verlief bereits erfolgreich (z. B. HESSELMAN 1937; HAUSSER 1956, 1957, 1961; WITTICH 1958 a; TAMM 1960). Noch manche Fragen sind aber offen. So ist man z. B. beim Stickstoff erst ungenügend über die günstigste Düngerform und -menge orientiert und weiß noch zu wenig über die Wirkung auf verschiedenen Standorten. Außerdem führte man die meisten ertragskundlich aufgemessenen und nadelanalytisch ausgewerteten Versuche in jüngeren bzw. bis 70jährigen Beständen durch. Daher ist über die Reaktion von Fichten-Altbeständen noch wenig bekannt (siehe jedoch MITSCHERLICH u. WITTICH, 1958).

2 Fragestellung

Das Institut für Bodenkunde und Standortslehre begann in den letzten Jahren mehrere Düngungsversuche auch in älteren Fichtenbeständen. Zwei dieser Versuche besprechen wir hier. Sie wurden 1956 in den Forstämtern Mähring (Oberpfälzer Grenzgebirge) und München-Süd angelegt, um vor allem die Wirkung von Ammoniakgas im Vergleich zu salzförmigem Stickstoffdünger unter natürlichen Verhältnissen zu prüfen.

Ammoniakgas war bei Versuchsbeginn im Wald noch wenig erprobt. Es versprach manche Vorteile gegenüber salzförmigen N-Düngern. Man konnte nämlich bei seiner einmaligen Anwendung in relativ hoher Dosis auf eine langsame, Jahre hindurch anhaltende Wirkung hoffen, weil mit einem teilweisen chemischen Einbau in den stick-

stoffarmen Rohhumus und dessen nachfolgendem verstärktem Abbau zu rechnen war.

Da die Ausbringung des Ammoniakgases mit der Einstichwalze (MAYER-KRAPOLL 1954, SCHWEMMER 1956) nur in einigermaßen weitständigen Beständen möglich war, kamen für die Versuche nur entsprechend alte Bestände in Betracht. Die Frage nach der Wirkung von Düngungsmaßnahmen auf den Ernährungszustand und das Wachstum alter Fichten ließ sich daher bei diesen Versuchen gut mit einbeziehen.

Das Alter der Bestände betrug bei Versuchsbeginn in München-Süd 114 Jahre, in Mähring 86 Jahre. Eine erste Schilderung dieser Versuche gab ZÖTTL (1958). Nachfolgend sei nunmehr abschließend hierüber berichtet. Aus den jährlich durchgeführten Nadelanalysen ergab sich nämlich, daß im Herbst 1960 die Wirkung der Stickstoffdüngemittel auf die Nährelementversorgung der Bäume weitgehend abgeklungen war. Da auch Eingriffe zur Verjüngung der Bestände nötig waren, wurden die Versuche mit diesem Jahr abgebrochen.

3 Versuchsanlage

Die Versuchsflächen sind von ZÖTTL (1958) bereits eingehend beschrieben. Der Fichten-Altbestand stockt in München-Süd (Abt. IX/15a) auf lößlehmüberdeckter, fast ebener Altmoräne, in Mähring (Abt. Lehmgrube VI/9a) auf einer verlehmtten Fließerde mit kristallinem Material. Auf beiden Standorten ähnelt das Profil im Oberboden einer Braunerde mit leichten Podsolierungserscheinungen unter dem Rohhumus. Im Unterboden treten deutliche Pseudogley-Merkmale auf. Die Klimadaten gehen aus Tab. 1 hervor (teilweise interpolierte Werte nach

Tabelle 1

Klimadaten der Versuchsflächen

Versuchsfläche (Meereshöhe)	Niederschlag		Temperatur		Frostfreie Tage
	Jahresmittel mm	Mai—August mm	Jahresmittel °C	Mai—Juli °C	
München-Süd ... (590 m)	950	466 (49 %)	7,0	14—15	180
Mähring (750 m)	800	325 (40 %)	5,5	12—13	130

dem Klima-Atlas von Bayern und der Klimakunde des Deutschen Reiches). Weitere Einzelheiten über die Versuchsstandorte sind der früheren Veröffentlichung zu entnehmen.

Die Düngungspläne wurden bereits von ZÖTTL (1958) erläutert und begründet. Die Fläche in München-Süd enthält folgende sechs Versuchsglieder mit je zwei Parzellen von 900 m², die durch 10 m breite Zwischenstreifen getrennt sind¹.

O = unbehandelte Vergleichsparzelle,

A = 200 kg/ha N als Ammoniakgas,

B = 200 kg/ha N als Ammoniakgas + 30 dz kohlenaurer Kalk + 5 dz Hyperphosphat,

C = 200 kg/ha N als Ammonsulfatsalpeter in einmaliger Gabe,

D = 200 kg/ha N als Ammonsulfatsalpeter in einmaliger Gabe
+ 30 dz kohlenaurer Kalk + 5 dz Hyperphosphat,

E = 200 kg/ha N als Ammonsulfatsalpeter auf drei Jahre verteilt

+ 30 dz kohlenaurer Kalk + 5 dz Hyperphosphat,

F = 133 kg/ha N als Ammonsulfatsalpeter auf zwei Jahre verteilt².

¹ Für A und C verblieb infolge späterer Störung nur je eine Parzelle.

² Die geteilte N-Gabe wurde hier versehentlich nur zweimal ausgebracht. Das Versuchsglied F blieb daher bei der nadelanalytischen Bearbeitung gänzlich und bei der ertragskundlichen Auswertung teilweise unberücksichtigt.

Die Düngung erfolgte 1956 Anfang Juni, nur die Kalkung der Stickstoffsalz-Parzellen erst im September. Die Wiederholung der salzförmigen Stickstoffgabe 1957 und 1958 geschah Ende Mai/Anfang Juni.

Der Versuch in Mähring gliedert sich in fünf Versuchsreihen mit je zwei Parzellen von jeweils 375 m² Größe (Zwischenstreifen mindestens 5 m breit). Ausgeschieden wurden:

O = unbehandelte Vergleichsparzelle,

A = 200 kg/ha N als Ammoniakgas,

B = 200 kg/ha N als Ammoniakgas + 30 dz kohlensaurer Kalk + 10 dz Thomasmehl,

C = 200 kg/ha N als Ammonsulfatsalpeter in einmaliger Gabe

+ 30 dz kohlensaurer Kalk + 10 dz Thomasmehl,

D = 200 kg/ha N als Ammonsulfatsalpeter auf drei Jahre verteilt

+ 30 dz kohlensaurer Kalk + 10 dz Thomasmehl.

1956 wurde der Stickstoffdünger Mitte Juli ausgebracht, die Kalk- und Phosphatgabe auf den Salzflächen Anfang Mai, auf den Gasflächen Anfang September. Wiederholung der Stickstoffgaben Ende Mai 1957 und Mitte Juni 1958.

Die teilweise Kombination der N-Düngung mit Kalk und Phosphat geschah, um einem nach der hohen N-Gabe eventuell auftretenden P- bzw. Ca-Mangel zu begegnen und um die Mineralisation des Rohhumus anzufachen. Das Ammoniakgas wurde mit der Einstichwalze in den über 5 cm mächtigen Rohhumus bzw. den Mineralboden eingeblasen. Die übrigen Düngemittel wurden von Hand gestreut. Eine Einarbeitung unterblieb hier.

Zum Düngungsplan könnte man einwenden, ein Vergleich von Ammoniakgas mit dem auch Nitrat enthaltenden Ammonsulfatsalpeter sei nicht angängig. Zweifelloso wäre Ammonsulfat hinsichtlich der N-Komponente ein geeigneterer Vergleichsdünger. Andererseits brächte man damit eine größere Menge Sulfat aus, die auf den „Gas“-Parzellen praktisch nur unter gleichzeitiger Einführung neuer Kationen zu geben ist. Einen dem Ammoniakgas absolut vergleichbaren N-Dünger in fester Form gibt es eben nicht. Außerdem verwendet die Forstwirtschaft Ammonsulfatsalpeter in großem Umfang als N-Handelsdünger, so daß ein Vergleich mit dieser Salzform für die forstliche Praxis in erster Linie interessant ist.

4 Ernährungszustand der Bäume

Wir verfolgten den Ernährungszustand der Fichten durch Analysen von jährlich im Herbst entnommenen halbjährigen Nadeln. Es wurden N, P, K und Ca in der Nadelrockensubstanz bestimmt sowie die Nadelrockengewichte ermittelt. Pro Versuchsglied untersuchten wir in jedem Jahr meist fünf bis zwölf Einzelbäume. Weitere Einzelheiten der Probenahme und der chemischen Methoden sind von STREBEL (1960) bzw. ZÖTTL (1958) geschildert.

4 1 Abhängigkeit der Nährelementgehalte halbjähriger Nadeln von ihrer Position im obersten Kronenraum

Da im Hinblick auf die Zuwachsmessungen während der Versuchsdauer keine Probestämme gefällt werden durften, entnahmen Zapfenpflücker die Nadelproben. Es sollte immer der 2. oder 3. Wirtel beerntet werden. Dies war jedoch infolge der schwierigen Probenahme nicht immer möglich. Praktisch stammten daher die Nadeln unregelmäßig von Zweigen des 1. bis 4. Wirtels. Hierdurch können größere Streuungen der Nährelementkonzentrationen auftreten und Abweichungen gegenüber den Werten, die man wie STREBEL (1960) von Nadeln des 1. Wirtels erhält. Wir untersuchten deshalb an im Oktober 1960 in Mähring gefällten Probestämmen der ungedüngten Fläche, wie stark sich die Nährelementgehalte der halbjährigen Nadeln der Spitzentriebe bis zum 5. Wirtel der Krone herab unterscheiden.

Die Analysen wurden an Mischproben ausgeführt, die sich anteilsleich aus Nadeln von je zehn Probestämmen zusammensetzten. Es ergaben sich die in Fig. 1 zusammengestellten Werte. In dieser Darstellung sind für die Nährelementkonzentrationen absichtlich verschiedene Maßstäbe gewählt. Es wurde jeweils der von STREBEL (1960) für verschieden wüchsige Fichtenbestände (Höhenbonität 0,5 — V) ermittelte Hauptstrebereich der Konzentrationen in gleicher Skalenlänge aufgetragen. Bei P. z. B. variieren die Werte auf den einzelnen Standorten

STREBELS hauptsächlich zwischen 0,12 und 0,22 %, bei Ca zwischen 0,2 und 0,7 %. Beide Bereiche sind in unserer Darstellung als gleichgroße Skala angesetzt. Natürlich ist in Fig. 1 immer nur der zur Eintragung unserer Meßpunkte nötige Skalenteil aufgezeichnet. Auch für die Darstellung der Nadelrockengewichte diente der von STREBEL (briefl. Mitteilung) gefundene Rahmen als Skalenslänge. Auf diese Weise kommen in Fig. 1 die Veränderungen der Nährelementkonzentrationen einigermaßen entsprechend ihrer Bedeutung für den Ernährungszustand zur Geltung. Noch besser wäre eine maßstabsgleiche Heranziehung des physiologisch wirksamen Bereichs. Hierüber liegen indes noch zu wenig Angaben vor.

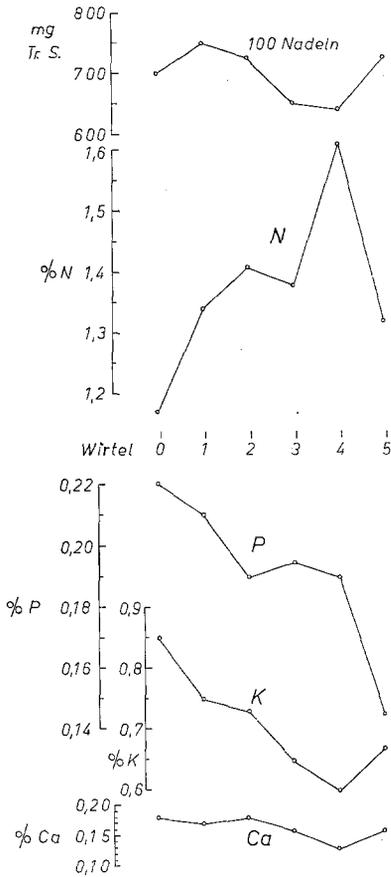


Fig. 1. Trockengewichte (mg) und Nährelementkonzentrationen (% Tr.S.) der halbjährigen Nadeln aus verschiedenen Wirteln der obersten Krone. Versuchsfläche Mähring, ungedüngte Parzellen.

Insgesamt zeigt Fig. 1 erstaunlich hohe Veränderungen der Nährelementkonzentrationen innerhalb der untersuchten Wirtel. N nimmt von den Nadeln des Gipfeltriebs (Wirtel 0 in Fig. 1) bis zu denen des 4. Wirtels in einem Umfang zu, der beinahe der Spanne STREBELS von der V. zur I. Höhenbonität entspricht. Übereinstimmend entgegengesetzte Tendenz haben die übrigen untersuchten Elemente, wobei P ebenfalls über einen großen Bereich variiert. Infolge des gegenläufigen Verhaltens von N und P weitet sich das N : P-Verhältnis von 5,3 beim Gipfeltrieb auf 9,1 im 5. Wirtel. Sind die höheren Gehalte von P, K und Ca in den Nadeln der gipfelnahen Triebe physiologisch verständlich, so fällt es schwer, für die gipfelwärts fortschreitende Abnahme der N-Werte eine Erklärung zu finden. Immerhin scheinen die hier gezeigten Verhältnisse keinen Sonderfall darzustellen, denn auch die von STREBEL (1961) untersuchten gutwüchsigen Altlichten aus dem Alpenvorland zeigen – wenngleich weniger ausgeprägt – die gleiche Erscheinung im obersten Kronenbereich. Deutlich ist häufig ein starker Sprung der Werte vom Gipfeltrieb zum ersten Wirtel. Hier liegt auch meist ein Unterschied im anatomischen Bau der Nadeln vor. Die Nadelgewichte indes ändern sich im geprüften Kronenbereich nur wenig (Fig. 1 ganz oben). Es sei bemerkt, daß die Belichtung der untersuchten obersten Wirtel praktisch gleich ist, da die Baumwipfel frei stehen und die Schattenkrone der Altlichten erst wesentlich tiefer beginnt. Aus Arbeiten von WHITE (1954), LEYTON und ARMSON (1955) oder WILL (1957) geht hervor, daß Kiefern häufig höchste Nährelementgehalte in den Spitzentrieben haben. In Richtung abwärts zur Mittelkrone nehmen die Werte meist

ab. In der Schattenkrone steigen dann infolge der andersartigen Belichtungsverhältnisse die Gehalte wieder an. Eine weitere Verfolgung der aufgezeigten Erscheinung muß der Baumphysiologie überlassen bleiben.

Für nadelanalytische Untersuchungen ist aus obigen Ergebnissen die Forderung zu ziehen, stets nur Triebe des gleichen Wirtels (am besten des ersten) zu ernten. Ist dies unmöglich, so scheint es am besten, die Triebe der obersten Wirtel gemischt zu entnehmen. Praktisch ist dies bei unserer Probenahme durch die Zapfenpflücker ge-

schehen, da wir pro Baum immer zwei bis drei Zweige zur Nadelprobenahme verwendeten. Zu berücksichtigen ist nur, daß dadurch die von uns gemessenen Werte gegenüber den Angaben von STREBEL (1960) bei N höher und bei P, K und Ca etwas tiefer liegen.

4 2 Nährelementgehalte in München-Süd

Die Gehalte der wichtigsten Nährelemente sind als Mittelwerte der Versuchsglieder in Fig. 2 und Tab. 2 für die Untersuchungsjahre 1956–60 aufgenommen. Der Ernährungszustand der ungedüngten Bäume (O) ist gleichzeitig als Ausgangslage vor der Düngung anzusehen. Für P, K und Ca ergibt sich dabei auf Grund des Vergleichs mit den Angaben von STREBEL (1960) eine durchaus für gutes Wachstum ausreichende Versorgung. Der N-Spiegel liegt hingegen mit durchschnittlich 1,3 % ziemlich tief. Unter Berücksichtigung der Ergebnisse in Abschnitt 41 entspricht dies einer Konzentration von 1,2 % N in den Nadeln des 1. Wirtels. Ein so geringer Gehalt bedeutet nach TAMM (1956), WITTICH (1958 b) und STREBEL (1960) übereinstimmend mäßigen N-Mangel, der wachstumshemmend wirkt. Unser Versuchsbestand ist demnach gut geeignet zur Prüfung der Wirkung von N-Düngemitteln auf Ernährungszustand und Wachstum der Fichten.

Tab. 2 läßt für die Jahre nach der Düngung kaum Änderungen der P-, K- und

Tabelle 2

Gehalte an P, Ca und K in halbjährigen Nadeln der Versuchsfläche MÜNCHEN-SÜD in den Jahren 1956 bis 1960. Angaben in % Tr.S.

Versuchsglied	Element	1956	1957	1958	1959	1960
O	P	0,18	0,17	0,16	0,16	0,19
	Ca	0,48	0,36	0,41	0,38	0,41
	K	0,67	0,64	0,75	0,49	0,56
A	P	0,17	0,15	0,15	0,14	0,16
	Ca	0,30	0,23	0,32	0,31	0,30
	K	0,51	0,46	0,56	0,42	0,55
B	P	0,16	0,15	0,14	0,16	0,17
	Ca	0,39	0,25	0,32	0,52	0,35
	K	0,46	0,48	0,65	0,39	0,42
C	P	—	0,16	0,16	0,16	0,16
	Ca	—	0,25	0,29	0,30	0,24
	K	—	0,53	0,50	0,41	0,55
D	P	0,17	0,17	0,16	0,15	0,18
	Ca	0,40	0,21	0,41	0,48	0,33
	K	0,46	0,52	0,59	0,41	0,47
E	P	0,19	0,17	0,12	0,16	0,16
	Ca	0,46	0,31	0,35	0,41	0,34
	K	0,57	0,46	0,58	0,42	0,53

Ca-Konzentrationen erkennen, die den Fehlerbereich (siehe STREBEL, 1960) überschreiten. Dies gilt für die Schwankungen von Jahr zu Jahr auf den gleichen Parzellen, trifft vor allem aber für die Differenzen zwischen den Versuchsvarianten zu. Der P-, K- und Ca-Spiegel blieb demnach mindestens bis vier Jahre nach der Düngerausbringung unverändert. Da sich jedoch auf den gedüngten Reihen die Nadelgewichte in gewissem Umfang erhöhten (siehe Fig. 2) und mehr Holzmasse produziert wurde

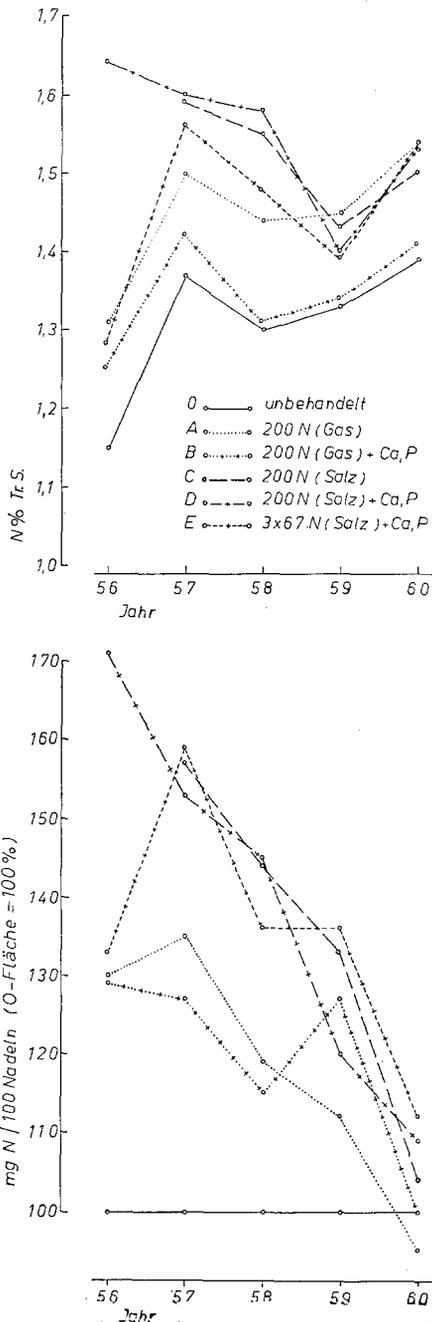


Fig. 2. Nadelanalysen MÜNCHEN-SÜD 1956—60.

a. oben: N-Konzentration. Angabe in % Tr.S. — b. unten: N-Menge in 100 Nadeln. Angabe in Prozent der Vergleichsflächenwerte.

(siehe Abschnitt 5), muß in den Jahren nach der Düngung eine größere P-, K- und Ca-Menge aufgenommen worden sein. Sie war indes bei den mit Kalk und Phosphat gedüngten Reihen nicht höher als bei den nur mit N gedüngten. Demnach dürfte die Mehraufnahme dieser Elemente aus dem Boden gedeckt worden sein und nicht aus dem gedüngten Kalk und Phosphat. Dies ist angesichts der langsamen Lösung dieser nicht eingearbeiteten Düngemittel verständlich. Untersuchungen über die Mineralisation des im Humus organisch gebundenen Stickstoffs machten wahrscheinlich, daß die Kalk- und Phosphatgaben bis 1960 noch keine nennenswerte Änderung der Mineralstickstoffanlieferung verursachten. Hierfür spricht auch das nadelanalytisch und ertragskundlich weitgehend übereinstimmende Verhalten der Versuchsglieder A und B sowie C und D in München-Süd (jeweils gleiche N-Gabe, ohne und mit Kalk + Phosphat). Gleiches gilt für die Varianten A und B von Mähring. Wir haben also in den Untersuchungsjahren im wesentlichen nur mit einer Wirkung der N-Dünger zu rechnen.

Eine Reaktion auf die N-Düngung zeigte sich (Fig. 2) bereits im Düngungsjahr 1956. Die N-Konzentrationen (Fig. 2 oben) der gedüngten Reihen stiegen (vgl. ZÖTTL, 1958) rasch, aber verschieden stark an, um dann 1959 teilweise wieder in den Variationsbereich der ungedüngten Reihe einzutauchen. Am kräftigsten reagierten die mit einmaliger N-Salzgabe von 200 kg/ha N behandelten Varianten. Fig. 2 (unten) gibt die in den halbjährigen Nadeln vorhandenen N-Mengen an (errechnet aus N-Konzentration und Nadelgewicht). Zur Verdeutlichung der Differenzen zwischen den Versuchsvarianten sind in Fig. 2 (unten) die Angaben für die einzelnen Jahre in Prozent der O-Flächen-Werte umgerechnet. Man schaltet so die beträchtlichen Schwankungen der N-Konzentration von Jahr zu Jahr aus, die zum Teil witterungsbedingt sein dürften (WEHRMANN, 1961) und auch anderwärts festzustellen sind (z. B. TAMM, 1960). Insgesamt sieht man die stärksten

Veränderungen im N-Gehalt nach der einmaligen Düngung mit 200 kg/ha N in Salzform. Bedeutend geringer sind die Ausschläge der mit NH_3 -Gas behandelten Parzellen.

Die Berechnung der N-Mengen in einer bestimmten Nadelzahl hat sich zur Kontrolle von Düngungseffekten als aussagekräftiger erwiesen als die Angabe der N-Konzentration (= prozentualer N-Gehalt in der Nadelrockensubstanz). Wie die Analysenergebnisse dieser Arbeit oder der Untersuchung von ZÖTTL u. KENNEL (1962) zeigen, brauchen nämlich der prozentuale N-Gehalt in den Nadeln und das Nadelrockengewicht der Bäume von gedüngten Parzellen nicht in gleichem Maße zu steigen. Einmal kann eine erhöhte N-Aufnahme von Bäumen mit N-armen Nadeln die N-Konzentration im Nadelgewebe bei praktisch unverändertem Nadelrockengewicht erhöhen. Es ist aber auch möglich, daß sich die aufgenommene N-Menge in vergrößerten Nadeln „verdünnt“, d. h. neben dem prozentualen N-Gehalt auch das Trockengewicht der Nadeln merklich zunimmt. Auf der gleichen Versuchsfläche können beide Fälle in verschiedenem Ausmaß auftreten. Die Ermittlung der N-Menge in einer bestimmten Nadelzahl erfaßt das Resultat beider Vorgänge und ist daher zur sicheren Aussage erforderlich.

Die statistische Berechnung auf Grund der Einzelwerte ergab für die einzelnen Jahre und Düngungsvarianten zwischen 4 und 12 % liegende Variationskoeffizienten. Es zeigte sich, daß absolute Differenzen zwischen den Mittelwerten von 0,15 % N in der Regel bereits signifikant sind bei einer Überschreitungswahrscheinlichkeit von 5 % (vergl. die Angaben für das Untersuchungsjahr 1956 bei ZÖTTL, 1958). *Die großen Unterschiede zwischen den Versuchsvarianten in den Jahren 1956–58 sind demnach meist statistisch gesichert.*

Zwei Ergebnisse mögen überraschen: die gegenüber der einmaligen Ausbringung ab 1957 etwa gleiche bzw. schlechtere Wirkung der auf drei Jahre verteilten Ammonsulfatsalpeter-Gaben und das Fehlen einer im Vergleich zum salzförmigen N-Dünger längeren Nachwirkung bei der Anwendung von NH_3 -Gas. Verständlicherweise blieb im Düngungsjahr 1956 die Erhöhung des N-Spiegels bei der Gabe von 67 kg N hinter dem durch 200 kg/ha N bewirkten Anstieg zurück. Aber die 1957 und 1958 nachfolgenden Gaben hoben nur auf das bei 200 kg bereits wieder abgesunkene Niveau an; die Wirkung klang dann genauso schnell ab (Fig. 2 unten). Somit bewirkte die mehrmalige N-Gabe insgesamt nur eine geringere Vermehrung der in den Nadeln enthaltenen N-Menge, als es die einmalige Ausbringung der gleichen N-Düngermenge vermochte (siehe auch Tab. 4 auf S. 85). Über diese Tatsache darf auch der früher errechnete (ZÖTTL, 1959) höhere Ausnutzungsprozentsatz bei der 67-kg-Gabe im Jahre 1956 nicht hinwegtäuschen. Wir kommen in Abschnitt 6 nochmals auf diese Erscheinung zurück.

Die Wirkung der Ammoniakbegasung auf den N-Spiegel ist relativ gering und hält nicht länger an als bei den salzgedüngten Reihen. Man muß annehmen, daß bei der Ausbringung Ammoniakverluste eingetreten waren und kein umfangreicher N-Einbau in den Rohhumus stattgefunden hatte, der zu länger andauernder, höherer N_{\min} -Anlieferung hätte führen können. Boden- und Humusanalysen, die später an anderer Stelle behandelt werden sollen, bestätigen diese Deutung. Umwandelbarer Rohhumus wäre jedenfalls in München-Süd mit einer 5 cm teilweise übersteigenden Mächtigkeit ausreichend vorhanden gewesen.

Möglicherweise geht die bessere Wirkung des salzförmigen N-Düngers teilweise auch auf eine bevorzugte Aufnahme des im Ammonsulfatsalpeter enthaltenen Nitrats zurück. Es ist damit zu rechnen, daß nicht nur die höhere Beweglichkeit des Nitrats im Boden hier eine Rolle spielt, sondern auch im stark sauren Waldboden Anionen wie Nitrat leichter als Ammonium von der Pflanzenwurzel aufgenommen werden. Außerdem muß man in diesem Zusammenhang an die von ZÖTTL (1960a) festgestellte Hemmwirkung von Nitrat auf die Mikroorganismen-tätigkeit in nicht nitrifizierendem Rohhumus denken. Da im unbeeinflussten A_0 -Horizont der Versuchsfläche kein Nitrat gebildet wird (ZÖTTL, 1958), ist – solange sich gedüngtes Nitrat in der Bodenlösung befindet – ein Auftreten des „Nitrateffekts“ anzunehmen. Diese vorübergehende Re-

duzierung der Mikroorganismen-tätigkeit erlaubt der Pflanzenwurzel eine bessere Ausnützung des gedüngten Nitratstickstoffs, als sie im Konkurrenzkampf mit einer ungeschwächten Mikroorganismenpopulation möglich wäre.

4 3 Nährelementgehalte in Mähring

Der Ernährungszustand des Versuchsbestandes im Forstamt Mähring und die Veränderungen nach den Düngungsmaßnahmen sind aus Tab. 3 und Fig. 3 ersichtlich.

Tabelle 3

Gehalte an P, Ca und K in halbjährigen Nadeln der Versuchsfläche MÄHRING in den Jahren 1956 bis 1960. Angaben in % Tr.S.

Versuchsglied	Element	1956	1957	1958	1959	1960
O	P	0,19	0,18	0,18	0,20	0,18
	Ca	0,26	0,16	0,26	0,34	0,17
	K	0,80	0,75	0,78	0,78	0,63
A	P	0,18	0,15	0,13	0,16	0,18
	Ca	0,23	0,11	0,31	0,32	0,12
	K	0,78	0,66	0,86	0,69	0,76
B	P	0,19	0,16	0,16	0,20	0,20
	Ca	0,26	0,15	0,33	0,38	0,20
	K	0,78	0,67	0,59	0,70	0,70
C	P	0,17	0,17	0,13	0,17	0,18
	Ca	0,26	0,15	0,27	0,38	0,20
	K	0,72	0,65	0,72	0,65	0,68
D	P	0,19	0,16	0,16	0,17	0,16
	Ca	0,25	0,15	0,27	0,31	0,17
	K	0,78	0,64	0,63	0,59	0,60

Beide Darstellungen bedürfen kaum einer Erläuterung, zumal sich diese Versuchsfläche ähnlich verhält wie München-Süd. Auf den ungedüngten Parzellen liegt (bei einer ausreichenden Versorgung mit P, K und Ca) der N-Spiegel relativ tief und schwankt beträchtlich von Jahr zu Jahr³.

Die Kalk- und Phosphatgaben blieben während des Untersuchungszeitraumes ohne merkbaren Einfluß auf den Ernährungszustand der Bäume. Die N-Wirkung zeigte sich bei der Ammonsulfatsalpeterdüngung erst voll im Jahr nach der Düngung, was wahrscheinlich mit dem späten Ausbringungstermin (17. Juli 1956) zusammenhängt. *Auch in Mähring blieb die Ammoniakbegasung weniger wirksam als die Salzdüngung.* Dieses schlechtere Abschneiden kann man hier ebensowenig wie in München-Süd auf Humusarmut des Standortes zurückführen, da die Rohhumusmächtigkeit 5 bis 8 cm beträgt.

Auf Grund der von STREBEL (1960) und ZÖTTL u. KENNEL (1962) gezeigten Be-

³ Diese von uns hier und in München-Süd sowie von TAMM (1960) in Schweden gezeigten Schwankungen des N-Gehaltes von Jahr zu Jahr schränken die Aussagekraft von nur einmaligen Nadelanalysen zur Beurteilung des Ernährungszustandes von Beständen entsprechend ein. Es empfiehlt sich, wenn irgend möglich, nur Durchschnittswerte mehrerer Jahre zu verwenden.

ziehungen lassen die nadelanalytischen Ergebnisse für München-Süd und Mähring eine meßbare Erhöhung des laufenden Holzzuwachses auf Grund der Düngung erwarten. Dabei ist mit einer Abstufung von den mit N-Salz gedüngten Parzellen zu den Versuchsvarianten mit Ammoniakgas zu rechnen.

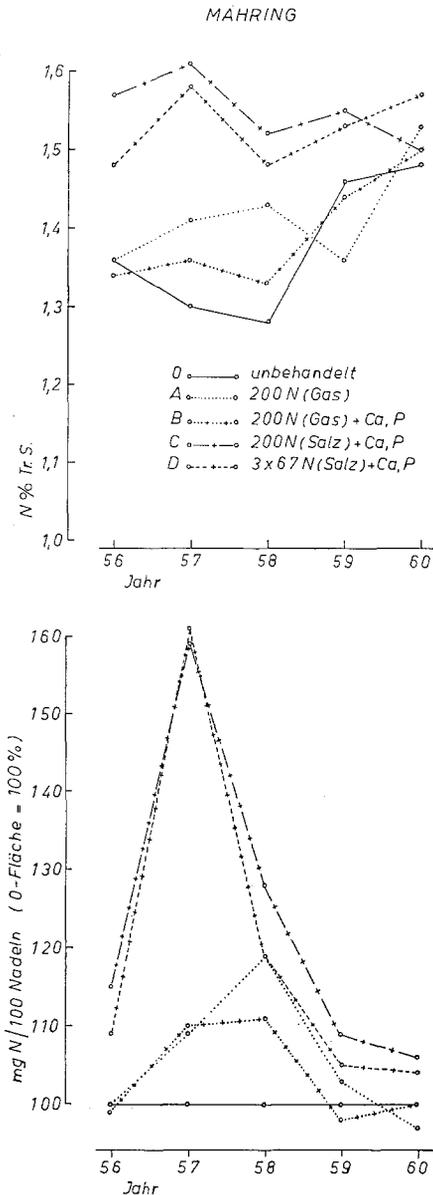


Fig. 3. Nadelanalysen MÄHRING 1956 bis 1960.

a. oben: N-Konzentration. Angabe in % Tr.S.

b. unten: N-Menge in 100 Nadeln. Angabe in Prozent der Vergleichsflächenwerte.

4 4 Vergleich der Versuchsflächen

Da die Düngungsvarianten von Versuchsfläche Mähring mit Varianten von München-Süd genau übereinstimmen und auch die Meßperioden gleich sind, erscheint ein Vergleich beider Versuchsflächen hinsichtlich der Düngerwirkung reizvoll. Dies gilt vor allem für die düngungsbedingten Veränderungen des N-Spiegels. Der N-Ernährungszustand der unbehandelten Versuchsglieder ist in Mähring und in München-Süd praktisch gleich schlecht (s. S. 80 u. 83). Bei den vergleichbaren Versuchsgliedern wurde er in München-Süd stets stärker verbessert als in Mähring. Dies ergibt sich aus dem Vergleich von Fig. 2 mit Fig. 3. Noch deutlicher wird die unterschiedliche Reaktion der Versuchsflächen, wenn man die in den Figuren für die einzelnen Jahre dargestellten Werte der N-Mengen in 100 Nadeln jeweils zu einem Mittelwert zusammenzieht. Tab. 4 enthält diese Ergebnisse. Versuchsfläche München-Süd ist klar überlegen. Unter Berücksichtigung der Überlegungen von ZÖTTL (1959) bedeutet dies eine bessere Ausnutzung des N-Düngers in München-Süd.

Was kann die Ursache hierfür sein? Einmal hat wahrscheinlich der späte Ausbringungstermin der N-Dünger im Jahr 1956 in Mähring (Juli, siehe S. 78) zu einer unvollständigeren Aufnahme als in München-Süd geführt, wo bereits im Mai gedüngt wurde. Vor allem aber scheint uns der Grund für das schlechtere Abschneiden der Fläche Mähring im dort wesentlich rauheren Klima zu liegen (siehe Klimadaten in Tab. 1, S. 77). Wir werden in Abschnitt 5 sehen, daß auch der düngungsbedingte Holzmehrzuwachs in Mähring tiefer liegt als in München-Süd.

Tabelle 4

Durchschnittliche Stickstoffmengen in 100 Nadeln während der Jahre 1956 bis 1960. Angaben in Prozent der Vergleichsflächenwerte

Versuchsfläche MÜNCHEN-SÜD		Versuchsfläche MÄHRING	
Versuchsglied	%	Versuchsglied	%
A 200 N (NH ₃ -Gas)	118	A 200 N (NH ₃ -Gas)	106
B 200 N (NH ₃ -Gas) + Ca, P	120	B 200 N (NH ₃ -Gas) + Ca, P	104
C 200 N (Salz)	143	C 200 N (Salz) + Ca, P	123
D 200 N (Salz) + Ca, P	140	D 3 × 67 N (Salz) + Ca, P ..	120
E 3 × 67 N (Salz) + Ca, P ..	135		

5 Jahrringbreiten, Grundflächen- und Derbholtzuwachs

Die ertragskundliche Auswertung konnte nur mit Hilfe von Bohrspänen vorgenommen werden, da die Flächen vor der Düngung im Frühsommer 1956 nicht aufgenommen wurden. Das Bohrsverfahren erfordert zwar mehr Aufwand als die periodische Messung mit Umfangmeßbändern, hat aber den großen Vorteil, daß der Zuwachsverlauf von Jahr zu Jahr sehr exakt bestimmt werden kann, was gerade bei der Untersuchung von Düngerwirkungen zu sehr aufschlußreichen Ergebnissen führt.

5 1 Methodik

In München-Süd und in Mähring wurden von jedem Baum in Brusthöhe zwei gegenüberliegende Bohrspäne entnommen. Zu diesem Zweck wurde der Durchmesser des Baumes mit einem Meßband mit Durchmesserteilung bestimmt, anschließend der entsprechende Durchmesser mit einer Kluppe am Umfang des Baumes gesucht und an dieser Stelle der Zuwachsbohrer angesetzt⁴.

Für die Berechnung des Grundflächenzuwachses aus den Radialzuwächsen und den zugehörigen Durchmessern wurde ein neuer Weg beschritten. Vernachlässigt man zunächst den genauen Rindenzuwachs und unterstellt, daß die Rindenstärke während der letzten Zuwachsperiode gleich geblieben ist⁵, so läßt sich der Grundflächenzuwachs mit folgendem Ansatz berechnen:

$$Z_g = d^2 \frac{\pi}{4} - (d - 2 z_r)^2 \frac{\pi}{4}$$

$$Z_g = (d \cdot z_r - z_r^2) \pi$$

Z_g = Grundflächenzuwachs der letzten Zuwachsperiode einschließlich eines Teiles des Rindenzuwachses bei gleichbleibender Rindenstärke

d = Enddurchmesser mit Rinde

z_r = Radialzuwachs (ohne Rinde) der letzten Zuwachsperiode

Der Zuwachs setzt sich hier aus dem Produkt Durchmesser mal Radialzuwachs und dem Korrekturglied z_r^2 zusammen. Da z_r^2 im Verhältnis zu $d \cdot z_r$ sehr klein ist,

⁴ Sozusagen ein modifiziertes Verfahren von PRESSLER (1868, S. 95).

⁵ Es errechnet sich auch unter dieser Voraussetzung noch ein Zuwachs an Rinden-Grundfläche, weil die gleiche Rindenstärke an einem größeren Durchmesser eine größere Rinden-Grundfläche ergibt.

ist es naheliegend, zuerst für alle Stämme die Produkte $d \cdot z_r$ zu addieren und anschließend das Korrekturglied aus dem mittleren Radialzuwachs⁶ des Bestandes zu berechnen, mit der Stammzahl zu multiplizieren und pauschal von der Summe aller $d \cdot z_r$ abzuziehen. Durch Multiplikation mit π erhält man dann den Grundflächenzuwachs. Für den Rindenzuwachs ist noch ein Zuschlag nötig. Auf der Grundlage der Tabelle „Mittlere Anteile des Rindenzuwachses am Durchmesserzuwachs des berindeten Durchmessers in Brusthöhe“ (ASSMANN 1957, S. 262) und bei Annahme einer doppelten Rindenstärke von 1,85 cm für den Durchmesser 35,5 cm (EH, 1961) läßt sich der Rindenzuwachs berechnen (siehe Tabelle 5). Dabei wurde z. B. die Rindenstärke für einen Durchmesser von 45,5 cm aus der Rindenstärke für 35,5 cm Durchmesser durch Addition des mittleren Rindenzuwachses berechnet: $1,85 + 0,36 = 2,21$ cm. Der volle Rindenzuwachs beträgt 8,4 bis 12,1 % des Grundflächenzuwachses ohne Rinde (Tabelle 5, Zeile 13). Ein Teil des Rindenzuwachses ist bei der Annahme, daß die Rindenstärke während der letzten Zuwachsperiode gleichgeblieben ist, schon in der Grundflächenberechnung nach der oben geschilderten Methode enthalten. Der Zuwachs an Rindengrundfläche würde bei gleichbleibender Rindenstärke 4,8 bis 7,2 % betragen (Tabelle 5, Zeile 15).

Die Differenz zwischen dem tatsächlichen Rindenzuwachs (Tabelle 5, Zeile 13) und dem in der Grundflächenberechnung schon enthaltenen (Tabelle 5, Zeile 15) ist dem Grundflächenzuwachs, der nach der vereinfachten Methode berechnet wurde, noch zuzuschlagen, um den Zuwachs mit Rinde zu bekommen (Tabelle 5, Zeile 17). In München-Süd wurden dementsprechend 3,6 %, in Mähring 3,9 % Rindenzuwachs berücksichtigt.

Auch für die Berechnung des Zuwachses der vorletzten Zuwachsperiode läßt sich das oben geschilderte Verfahren anwenden. Nur das Korrekturglied ändert sich in diesem Fall. Unterstellt man wieder, daß die Rindenstärke unverändert bleibt, so läßt sich der Grundflächenzuwachs wie folgt berechnen:

$$Z_{g_2} = \frac{\pi}{4} (d - 2 z_1)^2 - \frac{\pi}{4} [d - 2(z_1 + z_2)]^2$$

$$Z_{g_2} = \pi (d \cdot z_2 - 2 z_1 \cdot z_2 - z_2^2)$$

Z_{g_2} = Grundflächenzuwachs der vorletzten Zuwachsperiode einschließlich eines Teiles des Rindenzuwachses bei gleichbleibender Rindenstärke

d = Enddurchmesser mit Rinde

z_1 = Radialzuwachs (ohne Rinde) der letzten Zuwachsperiode

z_2 = Radialzuwachs (ohne Rinde) der vorletzten Zuwachsperiode

Das Korrekturglied lautet $2 z_1 \cdot z_2 + z_2^2$ und wird aus den mittleren Radialzuwächsen berechnet.

Auch hier ist der Rindenzuwachs bei der Unterstellung, daß die Rindenstärke sich nicht verändert hat, nur zum Teil erfaßt. Sind die Zuwachsperioden nicht sehr groß, so kann man auch für die vorletzte Zuwachsperiode den Zuschlag für den Rindenzuwachs aus der Tabelle 5 entnehmen. In dieser Weise wurde für München-Süd und Mähring der Grundflächenzuwachs für je eine fünfjährige Zuwachsperiode vor und nach der Düngung berechnet.

⁶ Die Summe der Radialzuwächse für die Berechnung des mittleren Radialzuwachses für den ganzen Bestand erhält man bei der Berechnung der Produktsumme $d \cdot z$ automatisch, wenn die Zuwächse z an erster Stelle in die Rechenmaschine gegeben und im Umdrehungszählwerk gespeichert werden.

Tabelle 5
Rindenzuwachs in Prozent des Grundflächenzuwachses ohne Rinde (Fichte)

Zeile	Durchmesser mit Rinde:	cm				
		11—20 (15,5)	21—30 (25,5)	31—40 (35,5)	41—50 (45,5)	51—60 (55,5)
1	Doppelter Rindenstärkezuwachs pro cm Durchmesserzuwachs ¹	0,044	0,038	0,036	0,036	0,034
2	Doppelte Rindenstärke	1,07	1,48	1,85 ²	2,21	2,56
3	Durchmesserzuwachs ohne Rinde	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
4	Anfangsdurchmesser m. R.	15,5	25,5	35,5	45,5	55,5
5	Enddurchmesser o. R.	14,43	24,02	33,65	43,29	52,94
6	Enddurchmesser m. R. (voller Rindenzuwachs)	16,544	26,538	36,536	46,536	56,534
7	Enddurchmesser m. R. (gleichbleibende Rindenstärke)	16,5	26,5	36,5	46,5	56,5
8	Enddurchmesser o. R.	15,43	25,02	34,65	44,29	53,94
9	Grundflächenzuwachs m. R. (voller Rindenzuwachs)	26,28	42,42	58,61	74,89	90,99
10	Grundflächenzuwachs m. R. (gleichbleibende Rindenstärke)	25,13	40,84	56,55	72,26	87,97
11	Grundflächenzuwachs o. R.	23,45	38,52	53,64	68,78	83,94
12	Voller Rindenzuwachs	2,83	3,90	4,97	6,11	7,05
13	Voller Rindenzuwachs in % vom Grundflächenzuwachs o. R.	12,1	10,1	9,3	8,9	8,4
14	Rindenzuwachs bei gleichbleibender Rindenstärke	1,68	2,32	2,91	3,48	4,03
15	Rindenzuwachs in % vom Grundflächenzuwachs o. R.	7,2	6,0	5,4	5,1	4,8
16	Differenz: Zeile 12 minus Zeile 14	1,15	1,58	2,06	2,63	3,02
17	Differenz in % vom Grundflächenzuw. bei gleichbleibender Rindenstärke	4,6	3,9	3,6	3,6	3,4

¹ ASSMANN 1957. — ² EH 1961.

Tabelle 6
Grundflächenzuwachs MÜNCHEN-SÜD

Parzelle	Düngung (Sommer 1956) kg/ha	Herbst 1960					Jährlicher Grundflächenzuwachs pro ha				
		Stammzahl	mittlerer Durchmesser	mittlere Höhe	Grundfläche pro ha	5 Jahre vor der Düngung 1951—1955	5 Jahre nach der Düngung 1956—1960				
							cm	m	m ²	%	m ²
O 1	ungedüngt	489	34,6	28,6	46,05	0,5754	114,6	0,8569	110,4		
O 2	ungedüngt	478	35,0	28,7	45,99	0,4284	85,4	0,6960	89,6		
A	200 kg N (Gas)	556	37,2	29,2	Mittel:	0,5019	100,0	0,7764	100,0		
B 1	200 kg N (Gas) + Ca, P	600	35,3	28,8	60,40	0,6451	128,5	0,9526	122,7		
B 2	200 kg N (Gas) + Ca, P	544	33,6	28,3	58,76	0,4433	88,3	0,8404	108,2		
C	200 kg N (Salz)	533	34,7	28,6	48,12	0,4669	93,0	0,7878	101,5		
D 1	200 kg N (Salz) + Ca, P	578	36,3	29,0	Mittel:	0,4551	90,7	0,8141	104,8		
D 2	200 kg N (Salz) + Ca, P	511	37,2	29,3	50,55	0,4366	87,0	0,9369	120,7		
E 1	3 × 67 kg N (Salz) + Ca, P	456	36,2	29,0	59,94	0,5170	103,0	1,0090	130,0		
E 2	3 × 67 kg N (Salz) + Ca, P	511	32,5	28,0	— 55,63	0,4526	90,2	0,9394	121,0		
F 1	2 × 67 kg N (Salz)	578	36,8	29,2	Mittel:	0,4848	96,6	0,9742	125,5		
F 2	2 × 67 kg N (Salz)	544	36,5	29,1	46,78	0,4668	93,0	0,8510	109,6		
					42,42	0,3943	78,6	0,8471	109,1		
					Mittel:	0,4305	85,8	0,8490	109,4		
					61,36	0,6203	123,6	0,9810	126,4		
					57,05	0,4923	98,1	1,0384	133,7		
					Mittel:	0,5563	110,8	1,0097	130,0		

5 2 München-Süd

Der Fichtenbestand, in dem die 12 Versuchspartzellen in München-Süd liegen, war zur Zeit der Aufnahme im Herbst 1960 119 Jahre alt. Bei einem Mitteldurchmesser von 35,5 cm und einer Höhe von 28,8 m beträgt die Höhenbonität III,0 nach der Ertrags-tafel von WIEDEMANN 1936/42 für mäßige Durchforstung.

Wie Tabelle 6 zeigt, bewirkte die Düngung mit Stickstoff in Salzform auf der F-Reihe mit 30,0 % den größten Mehrzuwachs an Grundfläche gegenüber den Nullflächen. Alle „Salz“-Flächen zusammen leisteten im Mittel 21,5 %, die „Gas“-Flächen 10,8 % mehr an Grundfläche als die Nullparzellen.

Faßt man für die Varianzanalyse die Reihen A und B, C und D sowie E und F zusammen und berechnet den Mehrzuwachs an Grundfläche für jede Gruppe als Differenz zwischen dem Zuwachs vor der Düngung und dem Zuwachs nach der Düngung, so ist die Wirkung der Düngung auf den „Salz“-Parzellen gegenüber den Nullparzellen und den „Gas“-Parzellen gesichert (Tabelle 7). Zur statistischen Auswertung

Tabelle 7

Varianzanalyse MÜNCHEN-SÜD

Düngung	A + B 200 kg N (Gas) (B: + Ca, P)	C + D 200 kg N (Salz) (D: + Ca, P)	E + F 3 × 67 kg N (Salz) (E: + Ca, P)
O Ungedüngt	—	++	+
A + B 200 kg N (Gas) (B: + Ca, P)		+	—
C + D 200 kg N (Salz) (D: + Ca, P)			—

— = nicht gesichert; + = gesichert bei P = 0,05; ++ = gesichert bei P = 0,01.

halten wir eine derartige Zusammenfassung der durch die Kalk- und Phosphatgabe unterschiedenen Versuchsglieder für berechtigt, da diese zusätzliche Düngung bislang Wachstum und Ernährungszustand der Bäume offenbar noch nicht beeinflusste (siehe Seite 80 u. 81).

Tabelle 8

Derbholzzuwachs MÜNCHEN-SÜD

Ver- suchs- glied	Zahl der Par- zellen	Düngung kg/ha	Jährlicher Zuwachs pro ha (unkorrigiert)		Jährlicher Zuwachs pro ha (korrigiert)		Mehrzu- wachs pro ha in 5 Jahren (korrig.)		
			Derbholz ohne Rinde						
			Efm	%	Efm	%		Efm	
O	2	Ungedüngt	10,91	100,0	10,91	100,0	—		
A	1	200 N (Gas)	13,38	122,7	10,27	94,2	—		
B	2	200 N (Gas) + Ca, P	11,44	104,8	12,46	114,2	7,75		
C	1	200 N (Salz)	13,16	120,7	14,58	133,7	18,35		
D	2	200 N (Salz) + Ca, P	13,69	125,5	14,03	128,6	15,60		
E	2	3 × 67 N (Salz) + Ca, P ...	11,93	109,4	13,48	123,5	12,85		
F	2	2 × 67 N (Salz)	14,19	130,0	13,00	119,2	10,45		

Tabelle 9
Mittlere Jahrringbreiten MÜNCHEN-SÜD

Ver- suchs- glied	Zahl der Par- zellen	Düngung kg/ha	Mittlere Jahrringbreite aller Bäume der Parzellen (mm)										
			vor der Düngung					nach der Düngung					Mittel 1956 bis 1960
			1951	1952	1953	1954	1955	Mittel 1951 bis 1955	1956	1957	1958	1959	1960
O	2	ungedüngt	0,70	0,82	0,99	0,91	1,11	0,90	1,44	1,57	1,13	1,20	1,25
A	1	200 N (Gas)	0,75	0,90	1,08	0,97	1,14	0,97	1,30	1,55	1,14	1,30	1,63
B	2	200 N (Gas) + Ca, P	0,57	0,64	0,74	0,70	0,90	0,71	1,00	1,23	1,10	1,27	1,47
C	1	200 N (Salz)	0,56	0,63	0,78	0,69	0,87	0,71	1,38	1,73	1,43	1,40	1,36
D	2	200 N (Salz) + Ca, P	0,56	0,68	0,81	0,77	0,91	0,75	1,29	1,58	1,45	1,35	1,50
E	2	3×67 N (Salz) + C, P	0,65	0,73	0,88	0,84	1,04	0,83	1,43	1,70	1,37	1,53	1,57

Der Derbholzzuwachs wurde aus dem Grundflächenzuwachs nach dem Verhältnis berechnet, wie es die Ertragstafel für mäßige Durchforstung (WIEDEMANN, 1936/42) bei entsprechendem Alter und entsprechender Höhenbonität angibt. Bei dieser Art der Berechnung ergeben sich für den Derbholzzuwachs die gleichen Prozent-Verhältnisse zwischen den Flächen wie für den Grundflächenzuwachs. Die Berechnung enthält einen gewissen Sicherheitsfaktor, da der Höhenzuwachs und die Formänderung der Ertragstafel unterstellt werden, obwohl anzunehmen ist, daß durch die Düngung auch der Höhenzuwachs gefördert wird. Die Vorrastmeter wurden durch Abzug von 20 % in Erntefestmeter ohne Rinde umgerechnet. Da der Zuwachs auf den einzelnen Parzellen schon vor der Düngung sehr unterschiedlich war, wurde für die Rentabilitätsberechnungen der Derbholzzuwachs nach der Düngung durch entsprechende Zu- oder Abschläge korrigiert und auf das Zuwachs-Niveau der ungedüngten Flächen gebracht. Die unkorrigierten und die korrigierten Zuwachswerte sind in der Tabelle 8 enthalten. Im günstigsten Fall betrug der korrigierte Mehrzuwachs in fünf Jahren 18,35 Efm Derbholz ohne Rinde.

Den Zuwachsverlauf in den ersten fünf Jahren nach Düngung zeigen die mittleren Jahrringbreiten, die aus den Jahrringmessungen aller Bäume einer Versuchspartelle gewonnen wurden (Tabelle 9). Figur 4 zeigt die Entwicklung der Jahrringbreiten in Prozent der Jahrringbreiten der Nullparzellen, wobei zusätzlich die mittlere Jahrringbreite der ersten fünf Jahre vor der Düngung für jede Parzelle gleich 100 gesetzt wurde, um etwa vorhandene Zuwachsunterschiede, die schon vor der Düngung bestanden haben, auszuschalten.

Auffallend ist der anfängliche Zuwachsrückgang der mit Ammoniak gedüngten Flächen. Er ist wohl auf mechanische und chemische Schädigung der überwiegend flachstreichenden Feinwurzeln der Fichten (siehe ZÖTTL 1963) durch die Gaswalze und die hohen Ammoniumkonzentrationen an den Einstichstellen (ZÖTTL 1958, Tabelle 1) im Humus zurückzuführen. Bei einmaliger Stickstoffgabe in Salzform liegt das Maximum des Mehrzuwachses im zweiten Jahr nach dem Düngungsjahr. Der Zuwachs erreicht dabei in München-Süd Werte von 155 bis

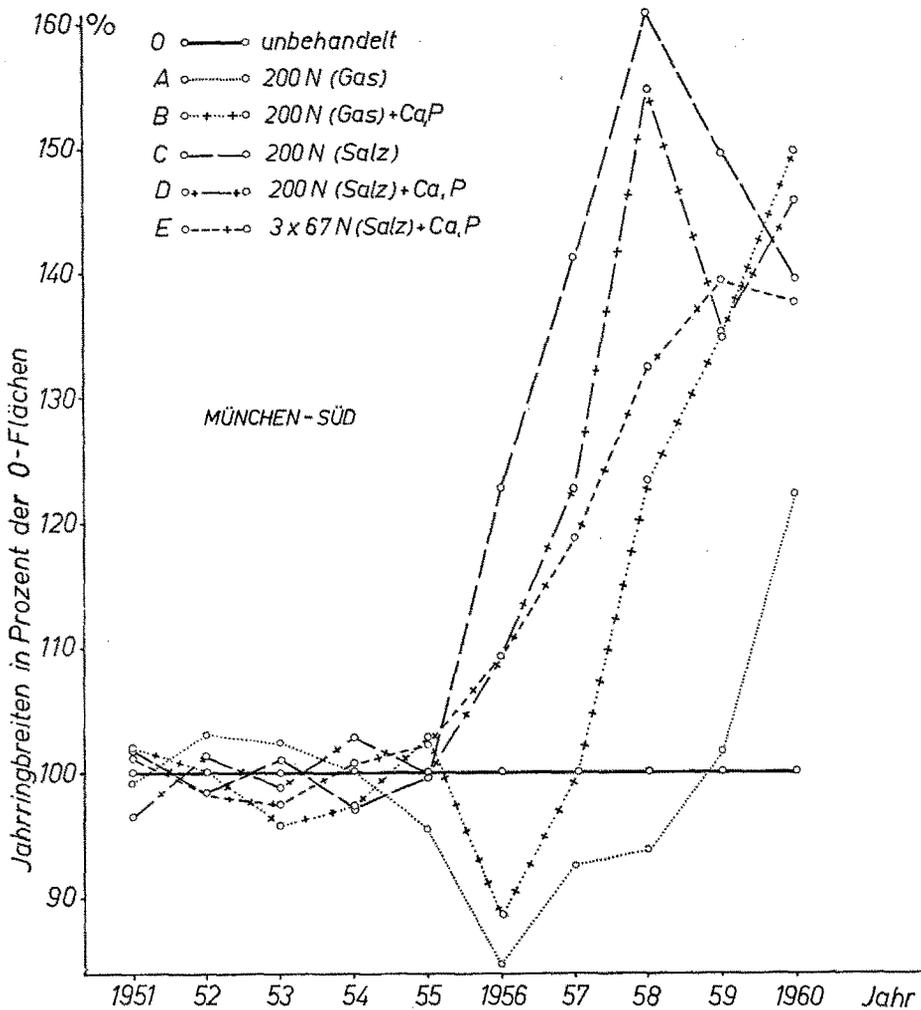


Fig. 4. MÜNCHEN-SÜD: Jahrringbreiten in Prozent der Vergleichsflächenwerte. Gleichzeitig sind als Bezugsgrößen für die Jahrringbreiten jeden Versuchsgliedes die betreffenden Jahrringbreiten fünf Jahre vor der Düngung gleich 100 gesetzt.

161 % der Nullflächen. Bei den „Gas“-Parzellen tritt die Hauptwirkung der Düngung auf den Zuwachs mit 122 bzw. 150 % zwei bis drei Jahre später als bei den „Salz“-Parzellen ein. Die Änderungen der Jahrringbreiten als Folge der Düngung liegen durchaus im Bereich der auf diesem Standort natürlich vorkommenden jährlichen Schwankungen. Nach den Untersuchungen von v. PECHMANN (1962) ist daher auch für München-Süd anzunehmen, daß durch die Düngung keine Verschlechterung der Holzqualität eintritt.

5 3 Mähring

Der im Herbst 1960 91jährige Fichtenbestand in Mähring erreicht bei einem Mitteldurchmesser von 24,8 cm und einer Höhe von 22,9 m eine Höhenbonität von III,0 (WIEDEMANN 1936/42, mäßige Durchforstung). Die Wirkung der Düngung auf den

Tabelle 10
Grundflächenzuwachs MAHRING

Parzelle	Düngung (Sommer 1956) kg/ha	Herbst 1960					jährlicher Grundflächenzuwachs pro ha				
		Stamm- zahl	mittel. Durch- messer	mittel. Höhe	Grundfläche pro ha	5 Jahre vor der Düngung 1951—1955	5 Jahre nach der Düngung 1956—1960				
		st/ha	cm	m	m ²	m ²	m ²	%	m ²	%	
O 1	ungedüngt	853	23,1	22,5	35,65	0,6411	105,9	0,7561	107,9		
O 2	ungedüngt	720	24,8	22,9	34,82	0,5694	94,1	0,6457	92,1		
					Mittel:	0,6052	100,0	0,7009	100,0		
A 1	200 kg N (Gas)	880	22,7	22,4	35,73	0,6367	105,2	0,7470	106,6		
A 2	200 kg N (Gas)	773	24,7	22,9	37,07	0,5222	86,3	0,6152	87,8		
					Mittel:	0,5794	95,7	0,6811	97,2		
B 1	200 kg N (Gas) + Ca, P	747	27,2	23,4	43,52	0,7177	118,6	0,8699	124,1		
B 2	200 kg N (Gas) + Ca, P	693	24,1	22,8	31,72	0,4656	76,9	0,6677	95,3		
					Mittel:	0,5917	97,8	0,7688	109,7		
C 1	200 kg N (Salz) + Ca, P	933	26,3	23,3	50,57	0,7467	123,4	0,9196	131,2		
C 2	200 kg N (Salz) + Ca, P	667	26,1	23,2	35,72	0,5481	90,6	0,7167	102,3		
					Mittel:	0,6474	107,0	0,8181	116,7		
D 1	3 × 67 kg N (Salz) + Ca, P	827	25,0	23,0	40,75	0,6384	105,5	0,7712	110,0		
D 2	3 × 67 kg N (Salz) + Ca, P	773	23,9	22,7	34,56	0,6032	99,7	0,8241	117,6		
					Mittel:	0,6208	102,6	0,7976	113,8		

Zuwachs war geringer als in München-Süd. Der 5jährige Mehrzuwachs der C-Reihe, die 200 kg Stickstoff in Salzform, dazu Kalk und Thomasmehl erhielt, betrug 16,7 % der Nullparzellen (Tabelle 10). Die Parzellen sind in Mähring mit 375 m² sehr klein, die Zuwachsunterschiede zwischen den verschiedenen gedüngten Reihen aus diesem Grund statistisch nicht gesichert.

Tabelle 11 enthält den wie in München-Süd aus dem Grundflächenzuwachs berechneten Derbholzzuwachs.

Tabelle 11
Derbholzzuwachs MÄHRING

Versuchs- glied	Zahl der Par- zellen	Düngung kg/ha	jährlicher Zuwachs pro ha (unkorr.)		jährlicher Zuwachs pro ha (korrigiert)		Mehrzu- wachs in 5 Jahren (korrig.)	
			Derbholz ohne Rinde					
			Efm	%	Efm	%		Efm
O	2	Ungedüngt	8,80	100,0	8,80	100,0	—	
A	2	200 N (Gas)	8,55	97,2	8,93	101,4	0,65	
B	2	200 N (Gas) + Ca, P	9,66	109,7	9,85	111,9	5,25	
C	2	200 N (Salz) + Ca, P	10,28	116,7	9,66	109,7	4,30	
D	2	3 × 67 N (Salz) + Ca, P ..	10,02	113,8	9,79	111,2	4,95	

Die mittleren Jahrringbreiten zeigen in ihrer Entwicklung die gleichen Tendenzen wie in München-Süd (Tab. 12 und Fig. 5). Das Zuwachsmaximum der „Salz“-Flächen wird zwei Jahre nach dem Düngungsjahr mit 112 bis 119 % der Nullflächen erreicht. Bei den reinen „Gas“-Parzellen ist auch in Mähring ein vorübergehender Zuwachsabfall zu verzeichnen.

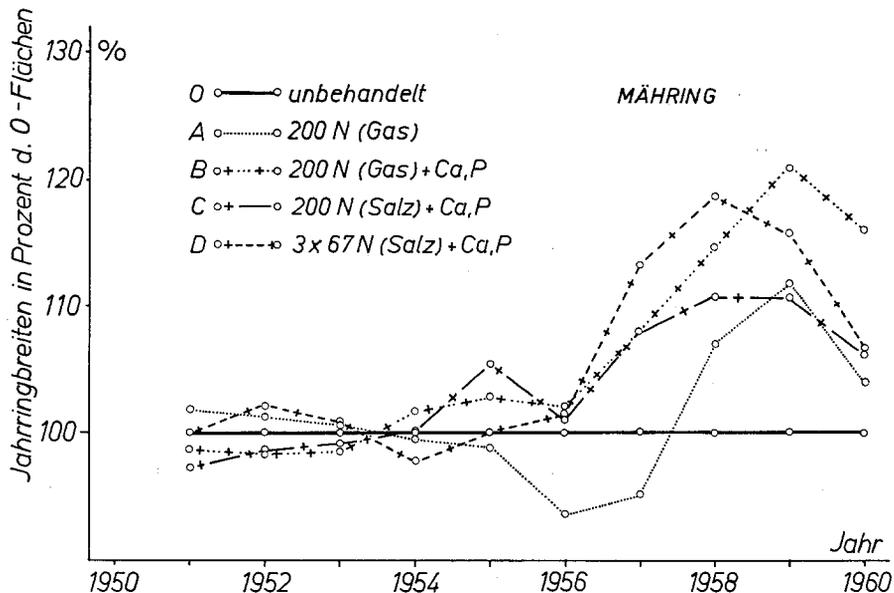


Fig. 5. MÄHRING: Jahrringbreiten in Prozent der Vergleichsflächenwerte. Gleichzeitig sind als Bezugsgrößen für die Jahrringbreiten jeden Versuchsgliedes die betreffenden Jahrringbreiten fünf Jahre vor der Düngung gleich 100 gesetzt.

Tabelle 12
Mittlere Jahrringbreiten MAHRING

Ver- suchs- glied	Zahl der Pär- zellen	Düngung kg/ha	Mittlere Jahrringbreite aller Bäume der Parzellen (mm)					Mittel 1956-60						
			vor der Düngung		nach der Düngung									
			1951	1952	1953	1954	1955	Mittel 1951-55	1956	1957	1958	1959	1960	
A	2	ungedüngt	1,05	0,93	1,01	1,01	0,92	0,98	0,72	0,82	1,00	1,34	1,38	1,05
B	2	200 N (Gas)	1,00	0,88	0,95	0,94	0,85	0,92	0,63	0,73	1,00	1,40	1,34	1,02
C	2	200 N (Gas) + Ca, P	1,03	0,91	0,95	1,02	0,94	0,98	0,73	0,88	1,14	1,61	1,59	1,19
D	2	200 N (Salz) + Ca, P	0,97	0,87	0,95	0,96	0,92	0,93	0,69	0,84	1,06	1,42	1,39	1,08
O	2	3 × 67 N (Salz) + Ca, P	1,07	0,96	1,03	1,00	0,93	1,00	0,74	0,94	1,20	1,57	1,49	1,19

6 Beziehung zwischen den nadelanalytischen Ergebnissen und den Zuwachswerten

Das vorhergehende Kapitel bestätigt die aus den Nadelanalysergebnissen geschlossene Steigerung des laufenden Zuwachses entsprechend den Veränderungen im N-Gehalt der Nadeln. Wir können diese Beziehung noch näher erörtern, da von beiden Versuchsflächen sowohl der Ernährungszustand als auch der laufende Zuwachs jeweils für die einzelnen Untersuchungsjahre bekannt ist – ein bislang bei Altbestandsdüngung sehr seltener Fall.

Zunächst liegt es nahe, den gesamten Mehrzuwachs 1956-60 mit den N-Werten der Nadeln zu vergleichen. Hierzu dienen uns einerseits die Zahlen von Tab. 4 (S. 85). Sie geben – ausgedrückt in Prozent der Werte von den unbehandelten Vergleichsflächen – mit einer Zahl das relative Ausmaß der Verbesserung der N-Ernährung an. Als ertragskundliche Größe ist der aus den Bohrspananalysen errechnete Grundflächenzuwachs (S. 88 u. 92) – ebenfalls bezogen auf die Vergleichsflächenwerte⁷ – verwendet. Fig. 6 läßt erkennen, daß eine enge, gut signifikante Korrelation zwischen beiden Größen besteht. Benutzt man die N-Konzentrationen zur Korrelierung mit den Zuwachswerten, so ergibt sich nur ein im Zufallsbereich liegender Koeffizient.

Statt der Mittelwerte der Meßperiode können wir nun auch die Werte der einzelnen Jahre untersuchen. Verfährt man so mit den N-Gehalten und den Zuwachswerten des gleichen Jahres, so ergibt sich keine Korrelation ($r = 0,001$). Sie tritt hingegen auf, wenn man die N-Werte jeweils mit den Zuwachswerten des darauf folgenden Jahres vergleicht (Fig. 7). Der am herbstlichen N-Gehalt der Nadeln gemessene N-Ernährungszustand beeinflusst demnach offenbar den Holzzuwachs des Folgejahres. Dies ist physiologisch verständlich. Ein Jahr mit höherem N-Gehalt der Nadelmasse bedeutet infolge der damit höheren Eiweiß- und Chlorophyllmenge eine größere Assimilationsleistung des Bestandes (vgl. ASSMANN 1961, S. 20). Es braucht jedoch gewisse Zeit, bis die Assimilationsprodukte in vermehrten Holzzuwachs umgesetzt werden.

Außerdem hat sich die N-Menge in den Assimilationsorganen mit großer Wahrscheinlichkeit auch noch durch eine von uns nicht erfaßte Zunahme der Nadelzahl erhöht (wohl ähnlich dem

⁷ Zudem ist der Zuwachs jeder Versuchsreihe in den fünf Jahren vor der Düngung gleich 100 gesetzt (s. S. 90).

Verhalten gedüngter Kiefern, siehe ZÖTTL und KENNEL 1962). Eine Vermehrung der Nadelzahl erfolgt fast nur durch Verlängerung bzw. Bildung einer größeren Zahl von Trieben. Dies tritt aber erst im Folgejahr eines Jahres mit erhöhtem N-Spiegel

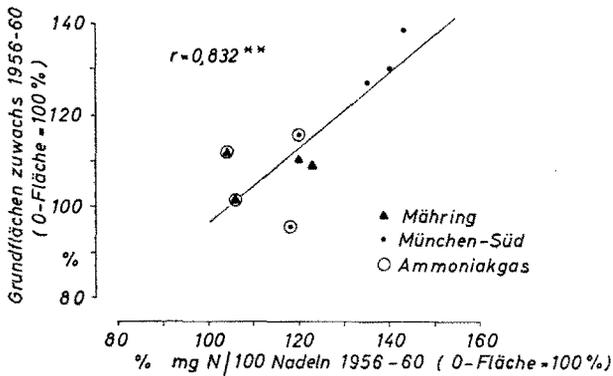


Fig. 6. Beziehung zwischen dem Durchschnittstickstoffgehalt halbjähriger Nadeln 1956—60 und dem Grundflächenzuwachs 1956—60 der Versuchsbestände Mähring und München-Süd. Alle Werte in Prozent der Vergleichsflächenzahlen.

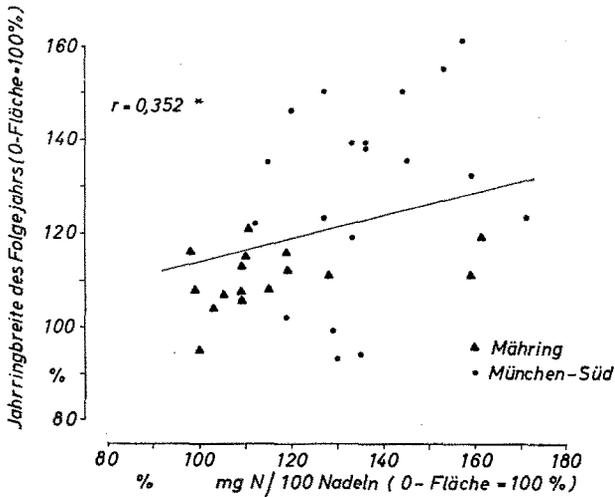


Fig. 7. Beziehung zwischen Stickstoffgehalt halbjähriger Nadeln der Jahre 1956 bis 1959 und Jahrringbreite der jeweiligen Folgejahre (1957 bis 1960) in den Versuchsbeständen Mähring und München-Süd. Alle Werte in Prozent der Vergleichsflächenzahlen.

ein. Es ist somit möglich, daß die Verstärkung der Assimilationsleistung eines gedüngten Altbestandes erst zwei Jahre nach dem Düngungsjahr ihr größtes Ausmaß erreicht. Ein solches „Nachhinken“ der Zuwachssteigerung hinter der Hebung des von uns gemessenen N-Spiegels wird deutlich, wenn man den Gang der N-Werte (Fig. 2 u. 3) mit der Entwicklung der Jahrringbreiten (Fig. 4 u. 5 sowie Ausführungen S. 90) vergleicht. Auch der Rückgang der Jahrringbreiten nach dem Abklingen der N-Wirkung geht langsamer vor sich als das Absinken der nadelanalytischen Zahlen. Im Gegensatz zu den Nadelanalytendaten nehmen in München-Süd die Zuwachswerte der Ammoniakgas-Parzellen 1959 und 1960 überhaupt noch nicht ab. In diesem Fall ist also eine länger anhaltende Wirkung der Ammoniakbegasung festzustellen. Allerdings darf man annehmen, daß auch hier im nächsten Jahr das Absinken einsetzt, denn auf der im Gang der Zuwachsentwicklung ähnlichen Versuchsfläche Mähring tritt dies bereits 1960 deutlich

ein. Es ist unwahrscheinlich, daß der Mehrzuwachs der Ammoniakgas-Parzellen den der Ammonsulfatsalpetter-Parzellen im weiteren Verlauf noch einholt. Dafür ist die Depression in den ersten Jahren nach der Düngung zu groß; außerdem ist die Höhe der positiven Ausschläge der Jahrringbreiten (vor allem bei Versuchsglied A) geringer als bei den salzgedüngten Varianten.

Verwendet man statt der N-Mengen in einer bestimmten Nadelzahl die N-Kon-

zentrationen zur Korrelierung mit den Zuwachsdaten, so zeigen sich keine signifikanten Beziehungen. Dies ist nach dem oben Gesagten (S. 82) verständlich und bestätigt die früher (ZÖTTL u. KENNEL 1962) vorgetragene Auffassung, daß zur Beurteilung des Ernährungszustandes nach Düngungsmaßnahmen unbedingt auch eine eingetretene Vermehrung der Nadelmasse wenigstens durch Feststellung der Nadelgewichtserhöhung zu berücksichtigen ist.

Insgesamt entspricht das geschilderte Auftreten von signifikanten und kausal verständlichen Beziehungen zwischen N-Gehalt der Nadeln und laufendem Zuwachs den Ergebnissen von STREBEL (1960), der den Ernährungszustand und die Wuchsleistung von Fichtenbeständen auf verschiedenen Standorten untersuchte.

Bei unserer Erörterung der Beziehung zwischen Nadelanalysergebnissen und Holzzuwachs müssen wir nochmals auf das schon S. 82 erwähnte, relativ schlechte Abschneiden der *mehrmaligen* Ammonsulfatsalpetergabe zurückkommen. Auch in den Zuwachsmessungen ist klar eine bessere Wirkung der einmaligen hohen N-Salzgabe gegenüber der auf drei Jahre verteilten Ausbringung zu sehen. Ursache hierfür könnte einmal eine im 1. Düngungsjahr 1956 besonders gute, witterungsbedingte Ausnutzung des N-Düngers sein. Zum anderen ist aber denkbar, daß auf den mit Bodenvegetation bedeckten Versuchsstandorten (s. ZÖTTL 1958, S. 19 u. 23) bei jeder N-Salzgabe zunächst die flachwurzelnden Beerkräuter und die Moosdecke ihren Bedarf vorweg deckten. Auf je mehr Einzelgaben man eine gleiche Gesamtmenge verteilte, um so weniger erhielten dann die Bäume. Wir versuchten die Größenordnung einer solchen N-Aufnahme am Beispiel der in München-Süd und Mährling dominierenden Heidelbeere (*Vaccinium myrtillus*) zu ermitteln. An Stellen, wo die Heidelbeere in München-Süd mit Deckungsgrad 5 auftritt, enthält sie 4,1 kg/ha N in der Blattmasse und 6,8 kg/ha in den Stengeln⁸. Frühere unveröffentlichte Analysen von ZÖTTL über den N-Gehalt der Blätter von gedüngten *Vaccinium*-Arten ließen teilweise eine Erhöhung des N-Spiegels um über 100 % erkennen. Nimmt man für die oberirdische Heidelbeerpflanzenmasse einschließlich der Stengel ebenfalls eine Vermehrung des N-Gehaltes um 100 % an, so sind dies etwa 10 kg/ha N. Obwohl diese Zahl zweifellos schon zu hoch angesetzt ist, bedeutet sie im Verhältnis zu den Düngergaben nicht viel. Allerdings ist zusätzlich ein Verbrauch von Düngerstickstoff durch den geschlossenen Moosteppich anzunehmen. Hierüber liegen leider keine Angaben vor. Insgesamt dürfte der „Vorwegverbrauch“ durch die Bodenvegetation unter den gegebenen Verhältnissen mit höchstens 15 bis 20 kg/ha N pro N-Salzgabe einzuschätzen sein. Er kann daher das ungünstigere Resultat im Zuwachs der Versuchsglieder mit verteilter N-Gabe nur teilweise verursacht haben. Aus diesem Grund muß man wohl in erster Linie an einen hohen Primärverbrauch von Düngerstickstoff durch die Bodenmikroflora denken, die im Konkurrenzkampf um den Stickstoff den Wurzeln der Pflanzen zuvorkommt (JANSSON 1958, ZÖTTL 1960 b).

7 Rentabilität der Düngung

Zur Gewinnung einer vorläufigen Aussage über die Wirtschaftlichkeit der Düngungsmaßnahmen vergleichen wir die Düngungskosten mit dem Wert des gemessenen Mehrzuwachses. Tab. 13 enthält die Angaben für die Versuchsfläche München-Süd.

Die Düngungskosten setzen sich im wesentlichen aus den Kosten der Handelsdüngemittel und den Arbeitslöhnen für die Ausbringung zusammen. Für die Dünge-

⁸ Analysen vom August 1962: 221 kg/ha Tr. S. Blattmasse mit 1,95 % N und 763 kg/ha Tr. S. Stengelmasse mit 0,89 % N.

Tabelle 13

Aufwand und Ertrag pro Hektar MÜNCHEN-SÜD

Versuchs- glied	Zahl der Par- zellen	Düngung	Düngemittel- und Aus- bringungs- kosten	Mehrzuwachs (korrigiert) in 5 Jahren		Überschuß in 5 Jahren
				Derbholz o. R.	erntekosten- freier Erlös	
			DM	Efm	DM	DM
A	1	200 kg N (NH ₃ -Gas)	260,—	—	—	—
B	2	200 kg N (NH ₃ -Gas) 30 dz Kohlensäurer Kalk, 5 dz Hyperphosphat	491,—	7,75	674,—	183,—
C	1	8 dz Ammonsulfatsalpeter ..	248,—	18,35	1596,—	1348,—
D	2	8 dz Ammonsulfatsalpeter, .. 30 dz Kohlensäurer Kalk, 5 dz Hyperphosphat	479,—	15,60	1357,—	878,—
E	2	8 dz Ammonsulfatsalpeter, .. 30 dz Kohlensäurer Kalk, 5 dz Hyperphosphat	479,—	12,85	1118,—	639,—
F	2	5,3 dz Ammonsulfatsalpeter .	166,—	10,45	909,—	743,—

mittel sind runde Jahresdurchschnittspreise gerechnet, und zwar für den Doppelzentner Ammonsulfatsalpeter 27,— DM, Hyperphosphat 12,— DM, Thomasmehl 9,— DM und Kohlensäurer Kalk 2,20 DM. Beim Ammoniakgas ist ein Preis von 1,30 DM pro kg Reinstickstoff zugrunde gelegt, in dem das Ausblasen bereits inbegriffen ist. Als Ausbringungskosten für den von Hand gestreuten Ammonsulfatsalpeter ist ein Erfahrungssatz von 4,— DM pro dz, für den meist maschinell verblasenen Kalk und den Phosphatdünger ein Betrag von 3,— DM eingesetzt. Die etwas höheren Ausstreukosten bei den auf drei Jahre verteilten Ammonsulfatsalpetergaben bleiben unberücksichtigt; es ist der gleiche Satz wie bei Ausbringung auf einmal angenommen. In der Praxis variieren die Zahlen natürlich entsprechend Bezugstermin, Verpackungsform und Arbeitskräfteeinsatz in gewissem Umfang.

Für den Mehrzuwachs wurde der erntekostenfreie Wert des Durchschnittsfestmeters des Bestandes am Ende der Aufnahmeperiode mit Hilfe der Sortenertragstabellen von MITSCHERLICH ermittelt. Nach der Holzpreisstatistik der Bayer. Staatsforstverwaltung für das Jahr 1961 errechnet sich für München-Süd ein erntekostenfreier Erlös von 87,— DM pro Erntefestmeter Derbholz ohne Rinde (etwa 250 % der Meßzahlen). Bei Verwendung dieser Zahlen ergeben sich nach fünf Jahren bereits beachtliche Überschüsse, die zum Teil mehr als 1000,— DM pro Hektar betragen. MITSCHERLICH u. WITTICH (1958) und HAUSSER (1961) berichten über ähnlich hohe Erträge.

In Mährling treten bei einem Erlös von 73,— DM pro Erntefestmeter nur dann Überschüsse auf, wenn man die Kosten für die Kalkung und für das Thomasmehl unberücksichtigt läßt. Der geringere Mehrzuwachs deckt dort etwa die Düngungskosten.

Es ist anzunehmen, daß die Rentabilitätsberechnung in späteren Jahren noch günstiger ausfällt, weil man auf längere Sicht auch mit einer erhöhten N-Mineralisation auf Grund der Kalkung (und Phosphatgabe) rechnen muß.

Der forstlichen Praxis zeigen die Ergebnisse, daß sich der zunächst relativ hohe Aufwand für eine N-Düngung auch in alten, geringwüchsigen Fichtenbeständen schon in kurzer Zeit lohnen kann. Will man den laufenden Zuwachs über längere Zeit mit N-Handelsdünger erhöhen, so muß man natürlich die Anwendung wiederholen, da

die Wirkung der rasch löslichen N-Dünger stets nur wenige Jahre anhält. Weiterhin ist bedeutsam, daß einmalige Gaben von 200 kg/ha N in Salzform für die untersuchten Fichtenbestände mit $1/2$ bis 1 dm mächtigem Rohhumus und deckender Bodenvegetation offensichtlich nicht zu hoch waren, im Gegenteil sogar günstiger wirkten als mehrmalige niedrigere Gaben. Die Anwendung von Ammoniakgas ist nach den vorliegenden Resultaten nur wenig rentabel.

Zusammenfassung

In zwei Fichten-Altbeständen (Höhenbonität III,0) der Forstämter München-Süd (Oberbayer. Altmoränenlandschaft) und Mähring (Oberpfälzer Grenzgebirge) wurden 1956 Düngungsversuche nach gleichem Plan angelegt. Hauptzweck war der Vergleich von salzförmigem Stickstoffhandelsdünger mit Ammoniakgas bezüglich der Wirkung auf Ernährungszustand und Wachstum der Bäume. Teilweise erfolgte eine Kombination der Stickstoffdüngung mit Kalk- und Phosphatgaben. Auf den Versuchsflächen wurden 1956 bis 1960 jährlich Nadelproben und im Herbst 1960 Bohrspäne entnommen.

Die Nadelanalysen ergaben bemerkenswerte Unterschiede in den Nährelementgehalten der Nadeln entsprechend ihrer Lage im obersten Kronenraum. Nach der Düngung stiegen die Stickstoffgehalte für drei bis fünf Jahre beträchtlich an. Die Stickstoffsalzdüngung bewirkte in beiden Versuchen eine stärkere Hebung des Stickstoffspiegels der Nadeln als das Ammoniakgas.

Auch der Zuwachs an Holzvolumen erhöhte sich auf den gedüngten Teilflächen. Die Steigerungen des laufenden Zuwachses entsprachen mit einer Verzögerung von ein bis zwei Jahren weitgehend dem Anstieg der Stickstoffgehalte in den Nadeln. Lediglich bei der Düngung mit Ammoniakgas ging der Zuwachs zunächst im Düngungsjahr zum Teil etwas zurück, was auf mechanische und chemische Schädigung von flachstreichenden Wurzeln durch die Walze und die anfangs sehr hohen Ammoniumkonzentrationen um die Einstichstellen zurückgeführt wird. Der größte Mehrzuwachs trat bei der Salzgabe in Höhe von 200 kg/ha Reinstickstoff auf.

Zwischen der Erhöhung der Stickstoffgehalte in den Nadeln und der Steigerung der Holzproduktion zeigten sich signifikante positive Korrelationen, die ursächlich begründet sind. Es ist demnach möglich, an Hand der Nadelanalysergebnisse die Erhöhung des laufenden Zuwachses abzuschätzen.

Berechnet man die Rentabilität der Düngung, so ergibt sich in München-Süd schon nach fünf Jahren teilweise ein beachtlicher Überschuß. Er beträgt auf den Parzellen mit der besten Düngerwirkung bei einem Mehrzuwachs von 15 bis 18 Erntefestmetern Derbholz 800,- bis 1300,- DM pro Hektar in fünf Jahren. Infolge der ungünstigeren Klimabedingungen war in Mähring die Reaktion auf die Düngung geringer als in München-Süd. Für Versuchsfläche Mähring sind daher bislang noch kaum Überschüsse zu verzeichnen.

Gedankt sei für die Hilfe bei der Arbeit im Wald den Bayer. Oberforstdirektionen München und Regensburg, den Herren Amtsvorständen und dem Personal der Bayer. Forstämter München-Süd und Mähring (besonders den Zapfenpflückern) sowie den Herren Ingenieur K. BALLING und Oberpräparator M. MAIR von der Forstl. Forschungsanstalt, für die Ausführung der Analysen der chem.-techn. Assistentin Frau I. MAURUS und für die Jahrringmessungen Herrn cand. forest. D. BERGEL, außerdem keineswegs zuletzt für das stete Interesse bei der Auswertung den Herren Institutsvorständen Prof. Dr. E. ASSMANN und Prof. Dr. W. LAATSCH.

Summary

Equal fertilizing trials were established in 1956 in two spruce-stands (*Picea abies*) of bad stand quality class („Höhenbonität“ = III,0). One is situated near Munich on Riss-

moraine, the other near Mähring (north-eastern part of Bavaria) in the low crystalline rock mountains. The main purpose was to compare solid nitrogen fertilizer with anhydrous ammonia concerning the effect on the mineral nutrition and the growth of the trees. In some plots the nitrogen fertilization was combined with application of lime and phosphate. 1956—60 yearly needle samples were taken. In autumn 1960 increment cores were taken.

Needle analysis showed considerable differences in the main nutrient contents in the needles corresponding to their position in the upper tree crown. After fertilization the nitrogen contents raised remarkably for 3—5 years. In both trials the nitrogen salt fertilization effected a higher content of nitrogen in the needles than anhydrous ammonia.

The wood volume increment, too, raised in the manured plots. With a retarding of 1—2 years the increase of the current wood increment responded to the higher level of the nitrogen contents in the needles. Only immediately after the application of anhydrous ammonia the wood increment was lower than that of the untreated plots. This probably was caused by mechanical injury of shallow roots with the ammonia injector and the initially very high ammonia concentrations in the injection points. The largest wood increment increase was effected in the plots where 200 kg/ha N as nitrogen salt were given.

Significant and causal correlations are shown between the increase of the nitrogen content in the needles and the increase of the wood increment. Therefore it is possible to predict the increase of the current wood increment by means of needle analysis results.

Five years after manuring a lucrative rent results from the fertilizer application in the plots near Munich. In the best responding plots with a wood increment increase of 15—18 cubic meters „Derbholz“ the net yield amounts from DM 800,— to 1300,— per Hektar in 5 years. Because of the unfavourable climatic conditions in the Mähring-area the effect of manuring was lower than in the Munich-area. Therefore in the Mähring-area no net yield results until now.

Literatur

- ASSMANN, E.: Holzmeßlehre, in Neudammer Forstliches Lehrbuch, 11. Auflage Neudamm, 1957. — ASSMANN, E.: Waldtragskunde. München-Bonn-Wien, 1961. — BURGER, H.: Holzarten auf verschiedenen Bodenarten. Mitt. Schweiz. Anst. Forstl. Vers.-Wesen **16**, 50 (1930). — EH, H.: Untersuchungen über die Rindenstärke der Fichte in einigen Wuchsbezirken des württ. Oberschwabens. Allg. Forst-Jagdzt. **132**, 104 (1961). — HAUSSER, K.: Ertragssteigerung in der Forstwirtschaft durch mineralische Düngung. Phosphors. **16**, 9 (1956). — HAUSSER, K.: Ergebnisse von neueren Forstdüngungsversuchen auf Altmoräne und Deckenschotter im württembergischen Oberschwaben. Allg. Forstz. **12**, 131 (1957). — HAUSSER, K.: Ergebnisse von Düngungsversuchen zu 50- bis 70-jährigen Fichtenbeständen auf oberem Buntsandstein des württ. Schwarzwaldes. Allg. Forst-Jagdzt. **132**, 269 (1961). — HESSELMAN, H.: Studien über die Humusdecke des Nadelwaldes, ihre Eigenschaften und deren Abhängigkeit vom Waldbau. Medd. Stat. Skogsforskn. **23**, 337 (1925). — HESSELMAN, H.: Über die Abhängigkeit der Humusdecke von Alter und Zusammensetzung der Bestände im nordischen Fichtenwald von blaubeerreichem Vaccinium-Typ und über die Einwirkung der Humusdecke auf die Verjüngung und das Wachstum des Waldes. Medd. Stat. Skogsforskn. **30**, 529 (1937). — JANSSON, S. L.: Tracer studies on nitrogen transformations in soil with special attention to mineralisation—immobilisation relationships. Kungl. Lantbrukshögsk. Ann. **24**, 101 (1958). — KRAUSS, G., und WOBST, W.: Über die standörtlichen Ursachen der waldbaulichen Schwierigkeiten im vogtländischen Schiefergebiet. Tharandter Forstl. Jahrb. **86**, 169 (1935). — LEYTON, L.: The relationship between the growth and mineral nutrition of conifers. Symposium Tree Physiology, 1957. — LEYTON, L., and ARMSON, K. A.: Mineral composition of the foliage in the relation to the growth of Scots pine. Forest Sc. **1**, 210 (1955). — MAYER-KRAPOLL, H.: Die Anwendung von Handelsdüngemitteln, insbesondere von Stickstoff in der Forstwirtschaft. Bochum, 1954. — MITSCHERLICH, G., und WITTICH, W.: Düngungsversuche in älteren Beständen Badens. Allg. Forst-Jagdzt. **129**, 169 (1958). — PECHMANN, H. VON: Die Auswirkung wiederholter Mineraldüngung auf die Holzeigenschaften oberschwäbischer Fichtenbestände. Forstw. Cbl. **81**, 101 (1962). — PRESSLER, M. R.: Zur Forstzukunftskunde mit besonderer Beziehung auf den Zuwachsbohrer und dessen praktische Bedeutung und Anwendung. Dresden, 1868. — SCHWEMMER, W.: Düngungsversuche mit Stickstoffwalze zur Melioration stark versauerter Böden mit Rohhumusaufgabe. Allg. Forstz. **11**, 321 (1956). — STREBEL, O.: Mineralstoffernährung und Wuchsleistung von Fichtenbeständen (*Picea abies*) in Bayern. Forstw. Cbl. **79**, 17 (1960). — STREBEL, O.: Nadelanalytische Untersuchungen an Fichten-Altbeständen sehr guter Wuchsleistung im bayerischen Alpenvorland. Forstw. Cbl. **80**, 344 (1961). — TAMM, C. O.: The effects of supply of plant nutrients to a forest stand on a poor site. Medd. Stat. Skogsforskn. **46**, 3 (1956). — TAMM, C. O.: Nutrient uptake and growth after forest fertilization in Sweden. Transact. 7. Int. Congr. Soil Sc. Madison **III**, 347 (1960). — WEHRMANN,

J.: Die Auswirkung der Trockenheit von 1959 auf die Nährelementversorgung bayerischer Kiefernbestände. Forstw. Cbl. **80**, 272 (1961). — WHITE, D. P.: Variation in the nitrogen, phosphorus, and potassium contents of pine needles with season, crown position, and sample treatment. Proc. Soil Sc. Soc. America **18**, 326 (1954). — WILL, G. M.: Variations in the mineral content of radiata pine needles with age and position in tree crown. N. Z. J. Sc. Techn. 699 (1957). — WITTICH, W.: Die Aktivierung von Rohhumus extrem ungünstiger Beschaffenheit. Z. Forst-Jagd. **74**, 241 (1942). — WITTICH, W.: Auswertung eines forstlichen Düngungsversuches auf einem Standort mit für weite Gebiete Deutschlands typischem Nährstoffhaushalt. Bochum, 1958a. — WITTICH, W.: Bodenkundliche und pflanzenphysiologische Grundlagen der mineralischen Düngung im Wald und Möglichkeiten für die Ermittlung des Nährstoffbedarfes. Allg. Forstz. **13**, 121 (1958 b). — ZÖTTL, H.: Ein Vergleich zwischen Ammoniakgas- und Stickstoffsalzdüngung in Kiefern- und Fichtenbeständen Bayerns. Forstw. Cbl. **77**, 1 (1958). — ZÖTTL, H.: Voraussetzungen für eine wirkungsvolle Verbesserung der Stickstoffversorgung von Nadelholzbeständen. Verh. Int. Bodenkdl. Ges. Hamburg **I**, 118 (1959). — ZÖTTL, H.: Dynamik der Stickstoffmineralisation im organischen Waldbodenmaterial. II. Einfluß des Stickstoffgehaltes auf die Mineralstickstoff-Nachlieferung. Pl. a. Soil **13**, 183 (1960 a). — ZÖTTL, H.: Die Mineralstickstoffanlieferung in Fichten- und Kiefernbeständen Bayerns. Forstw. Cbl. **79**, 221 (1960 b). — ZÖTTL, H.: Düngung und Feinwurzelverteilung in Fichtenbeständen. Mitt. Bayer. Staatsforstverwaltung (im Druck, 1963). — ZÖTTL, H., und KENNEL, R.: Die Wirkung von Ammoniakgas- und Stickstoffsalzdüngung in Kiefernbeständen. Forstw. Cbl. **81**, 65 (1962).

Die Auswirkung der neuesten Rechtsentwicklung auf das Forstrecht

Von K. HASEL

Wesentlich erweiterte Fassung eines anlässlich der Freiburger forstlichen
Hochschulwoche 1961 gehaltenen Vortrages

Jedes Gesetz steht im Schatten der grundgesetzlichen Ordnungen, die sich Bund und Länder gegeben haben. Es muß sich in dem Rahmen halten, den diese Normen gesetzt haben. Die Gerichte haben die Möglichkeit, jederzeit ein Gesetz oder einzelne Gesetzesbestimmungen auf ihre Verfassungsmäßigkeit hin zu prüfen und sie, wenn sie verfassungswidrig sind, für nichtig zu erklären. Das gilt für alte Gesetze ebenso wie für jüngst erlassene. Eine neue Verfassung, wie etwa das Bonner Grundgesetz von 1949, läßt zwar die bestehenden Gesetze zunächst in der Regel weiter in Kraft, sie hat aber häufig die Folge, daß die Frage der Verfassungsmäßigkeit vor allem gegenüber solchen älteren Gesetzen aufgegriffen und zur Entscheidung gebracht wird, die unter anderen verfassungsrechtlichen Voraussetzungen entstanden sind, insbesondere wenn eine Weiterentwicklung oder gar Neugestaltung verfassungsrechtlicher Normen erfolgt ist, denen das bisherige Gesetzesrecht nicht zu entsprechen scheint.

Das gilt auch für das Forstrecht. Seit Inkrafttreten des Bonner Grundgesetzes haben sich zwar bisher nur wenige Entscheidungen oberster Gerichte unmittelbar mit dem Forstrecht befaßt. Es fehlt aber nicht an Stimmen, die Zweifel äußern an der Verfassungsmäßigkeit dieser oder jener forstgesetzlichen Bestimmung. Das hat dann die Folge, daß die umstrittene Vorschrift, wenn überhaupt, so nur zögernd und mit großer Vorsicht angewandt wird, und man hütet sich manchmal, es zu einer gerichtlichen Entscheidung kommen zu lassen. Umgekehrt: Derjenige, der sich durch einen