

schnittliche Formzahl. Nur so läßt es sich erklären, daß die Fällungsergebnisse trotz des verhältnismäßig geringen Stammholzprozents eine ausgesprochen gute Gliederung nach Stärkeklassen aufweisen, denn ein hoher Schichtholzanteil verschlechtert an sich zwangsläufig das Stärkeklassenverhältnis, soweit er nicht durch Zerschneiden der Kl. 1 entstanden ist.

Die aufgezeigten Unterschiede in den durchschnittlichen Grundpreisen je fm mögen geringfügig erscheinen. Es ist aber zu bedenken, daß ein Unterschied von 0,50 DM bei einem durchschnittlichen Meßzahlprozent von nur 200 und einer beziehbaren Leistung von angenommen 8 Erntefestmeter Derbholz ohne Rinde den Reinertrag je ha bereits um 8 DM, d. s. kapitalisiert 144 DM, verändert. Dieser Unterschied vergrößert sich zwangsläufig durch höhere Gewinnungskosten infolge geringeren Stammholzanteils.

Schlußbemerkung

In einem Modellfall wurde unter sehr günstigen Voraussetzungen versucht, das *reale* Sortenverhältnis der Baumart Fichte festzustellen, um zu prüfen, wieweit vorhandene Sorten- und Sortenertragstabellen den *tatsächlichen* Sortenerträgen entsprechen. — Die Ergebnisse können nach der ganzen Art des Vorgehens keinen Anspruch auf Wissenschaftlichkeit erheben, zeigen aber in den Einzelheiten eine so gute Übereinstimmung, daß es lohnend erschien, Vergleiche zu ziehen. Dabei ergab sich, daß die Werte der bekannten Sorten- und Sortenertragstabellen für Fichte bei den Nutzungen in den untersuchten Betrieben besonders hinsichtlich des Stammholzanteils bisher nicht erreicht werden.

Bei der Vorbereitung der geschilderten Erhebungen und dem Versuch, ähnliche Erhebungen auch in anderen Betrieben und Gebieten und auch für andere Baumarten durchzuführen, hat sich gezeigt, daß die eingangs geschilderten Voraussetzungen für brauchbare Sortenertragserhebungen in Baden-Württemberg fast nirgends gegeben sind. In der weitaus überwiegenden Mehrzahl der Betriebe werden die Holzanfälle nicht mehr nach Beständen gleichen Alters getrennt verbucht. Allein dieser Umstand macht einschlägige Erhebungen unmöglich. Aber selbst wenn die Voraussetzung bestandesweiser Verbuchung gegeben ist, wird die geschilderte Vielfalt der Verhältnisse nur ausnahmsweise nutzbringende Erhebungen ermöglichen. Es muß deshalb als unmöglich bezeichnet werden, aus Hiebsergebnissen allgemein Sorten- und Sortenertragstabellen aufzustellen. In Einzelfällen erscheinen Vergleiche tatsächlicher Sortenerträge mit den vorhandenen Tabellen möglich. Die vorstehenden grundsätzlichen Ausführungen sind vielleicht von einigem Nutzen für entsprechende Arbeiten. — Auch langjährige Sortenertragsstatistiken können gewisse Aufschlüsse geben, und zwar um so eher, je geringer die Streuung der Ertragsklassen und je ausgeglichener das Altersklassenverhältnis innerhalb des betreffenden Kollektivs sind.

Literatur

1. MITSCHERLICH: „Sortenertragstafel für die Fichte“, Mitteilungen aus Forstwirtschaft und Forstwissenschaft, 1939, Heft 4, S. 569. —
2. REINHOLD und von HEGEL: Bewertungsrichtlinien Forstwirtschaft, 1959. —
3. ROTHKEGEL: Grundriß der forstlichen Schätzungslehre, 1949. —
4. SCHILLING: „Die Sortentafel für die Holzart Fichte“, hergeleitet nach Schaffkurven für $\lambda = 0,556$. A. F. J. Z., 1960, Heft 9, S. 207.

Durchmesserdifferenzprozent und Vornutzungsprozent

Ein neues Verfahren zur Herleitung der Gesamtwuchsleistung von Fichtenbeständen aus einmalig erhobenen Bestandeskennwerten

(Mit 21 Abbildungen und 28 Tabellen)

(Aus dem Institut für Ertragskunde der Forstlichen Forschungsanstalt München)

Von F. FRANZ

1. Teil

0 Vorwort

In den Jahren 1960 und 1961 wurden im Institut für Ertragskunde der Forstlichen Forschungsanstalt München Untersuchungen über das Fichtenwachstum auf südbayerischen Spitzenstandorten durchgeführt. Ein wesentliches methodisches Problem, das im Rahmen dieser Untersuchungen gelöst werden mußte, bestand darin, das Ertragsniveau — die Beziehung zwischen der Mittel- bzw. Oberhöhe und der Gesamtwuchsleistung nach einem Vorschlag ASSMANN'S (1959 c) — solcher Standorte zu schätzen, für die keine vergleichbaren langfristigen Versuchsflächenaufnahmen zur Verfügung standen. Die ertragskundliche Bearbeitung dieser Standorte konnte lediglich auf einmalige Probeflächenerhebungen gestützt werden.

In der vorliegenden Arbeit werden Teilergebnisse methodischer Untersuchungen mitgeteilt, die zum Ziele hatten, die wahrscheinliche Gesamtwuchsleistung einmalig aufgenommener Fichten-Probeflächen über deren Vornutzungsprozent mit zufriedenstellender Genauigkeit zu

schätzen. Hauptgegenstand der Arbeit ist eine Analyse des Weiserwertes des sog. Durchmesserdifferenzprozentes $(d_0 - d_m) \cdot 100 / d_0$ für eine bestandesindividuelle Herleitung des Vornutzungsprozentes sowie ein Verfahrensvorschlag für eine einfache und sichere Schätzung des Vornutzungsprozentes mit Hilfe von Bestimmungsgrößen, die aus einmaliger Probeflächenaufnahme gewonnen werden können. Der Anwendungsbereich der ermittelten Schätzelemente ist auf den südbayerischen Raum beschränkt.

Bereits in den Jahren 1958 und 1959 wurden im Münchner Institut für Ertragskunde orientierende Untersuchungen mit dem Ziel durchgeführt, das Vornutzungsprozent niederdurchforsteter Fichten-Reinbestände aus den Erhebungsdaten einmaliger Aufnahmen zu schätzen (ASSMANN 1959 a). In diesen Untersuchungen konnte gezeigt werden, daß zwischen dem Durchmesserdifferenzprozent und dem Vornutzungsprozent enge Beziehungen bestehen. Im Rahmen einer Arbeit über den Weiserwert der Höhenbonität für die wirkliche Ertragsleistung (ASSMANN 1959 b) wurden

solche Beziehungen bei der Schätzung der Gesamtwuchsleistung einmalig aufgenommener Probeflächen mit Erfolg angewandt.

Die vorliegende Studie fußt auf dem Flächenmaterial und den Arbeitsergebnissen der beiden genannten Untersuchungen.

Herrn Professor ASSMANN bin ich für die Überlassung des von ihm zusammengestellten umfangreichen Zahlenmaterials und für viele wertvolle Hinweise bei der Abfassung der vorliegenden Arbeit zu besonderem Dank verpflichtet.

Die Darstellung der theoretischen Voraussetzungen und der methodischen Grundlagen für die im zweiten Teil der Untersuchung entwickelten Leitbeziehungen sowie für das vorgeschlagene Schätzverfahren wurde auf das Allernotwendigste beschränkt. Ebenso wurde auf eine Wiedergabe der einzelnen Rechengänge bei der Herleitung der Schätzfunktionen und bei den biometrischen Prüfungen unter Hinweis auf die entsprechende Fachliteratur, von wenigen Ausnahmen abgesehen, verzichtet. Die wesentlichen Zwischenrechnungen und Teilergebnisse sind in Tabellen zusammengefaßt. Als biometrische Arbeitsgrundlagen wurden die zusammenfassenden Darstellungen von EZEKIEL (1956), GEBELEIN und HEITE (1951), LINDER (1960) und E. WEBER (1956) verwendet.

Die Arbeiten wurden durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft in überaus dankenswerter Weise gefördert.

Bei den umfangreichen Rechenarbeiten wurde der Verfasser von Herrn Ass. d. Fd. RUDOLF REHLE, sowie von den Studenten SCHAFFRY, TIMINGER, MUELLER-DARSS, MARSCH und NASIM wirksam unterstützt. Die Herstellung der tabellarischen und graphischen Darstellungen oblagen der Sekretärin des Instituts, Fräulein E. HODUREK. Ihnen allen sei an dieser Stelle für die Mitarbeit herzlich gedankt.

Inhalt

1. Einleitung - Derzeitige Methoden zur Schätzung der Gesamtwuchsleistung
 - 1.1 Methodenbericht
 - 1.2 Beurteilung der Schätzmethoden
2. Theoretische Grundlagen der VN %₀-Schätzung mit Hilfe von Merkmalen der Stammzahlverteilung über dem Durchmesser
 - 2.1 Überblick
 - 2.2 Voraussetzungen für eine VN %₀-Schätzung über die Differenz $d_0 - d_m$ der Stammzahlverteilung
3. Grundlagenmaterial zur Herleitung und Überprüfung der Schätzmethode
 - 3.1 Versuchsflächenaufnahmen als Grundlagenmaterial
 - 3.2 Vergleiche mit Ertragstafelwerten
 - 3.3 Überprüfung des Schätzverfahrens
4. Orientierende Untersuchung des Niederdurchforstungsmoments
5. Durchmesserdifferenzprozent und Vornutzungsprozent
 - 5.1 Untersuchung der Durchmesserdifferenz Δd
 - 5.2 Prüfung des Weiserwertes des Durchmesserdifferenzprozentes
 - 5.3 Der Trennwertcharakter des primären Einflußmoments
6. Multiple Schätzfunktionen und gemeinsame Leitbeziehung
 - 6.1 Herleitung
 - 6.2 Bestimmtheitsmaße
 - 6.3 Bestimmungsgewicht der unabhängigen Variablen
 - 6.4 Schätzfehler
7. Überprüfung der Leitbeziehung
 - 7.1 Einleitende Bemerkungen
 - 7.2 Prüfergebnis
 - 7.3 Wertung des Prüfergebnisses
8. Vereinfachung der Leitbeziehung
 - 8.1 Voraussetzungen
 - 8.2 Herleitung einer vereinfachten Leitbeziehung
 - 8.3 Vergleich der vereinfachten mit der ursprünglichen Leitbeziehung
9. Das Schätzverfahren
 - 9.1 Wahl der Leitbeziehung
 - 9.2 Tabellierung der Schätzelemente
 - 9.3 Einzelheiten des Schätzverfahrens

10. Zusammenfassung und Schlußbetrachtung
11. Literaturangaben

1. Einleitung

Derzeitige Methoden zur Schätzung der Gesamtwuchsleistung

1.1 Methodenübersicht

1.11 Die Ermittlung der Gesamtwuchsleistung (GWL) lang fristig beobachteter Versuchsflächen stellt heute auch bei hohen Genauigkeitsanforderungen kein nennenswertes methodisches Problem mehr dar. Demgegenüber sind die Methoden der GWL-Schätzung für einmalig aufgenommene Probeflächen noch immer unbefriedigend. Trotz zahlreicher methodischer Verbesserungen, besonders in den letzten Jahren, sind die hierbei erzielbaren Genauigkeiten nach wie vor ver gleichsweise gering. Dies gilt für die GWL-Schätzung insbesondere von Einzelflächen, jedoch auch von Flächengruppen, die zugleich Auswertungseinheiten darstellen, z. B. von standortstypischen Wuchsreihen im Sinne ASSMANN'S (1955a). Lediglich für die wenigen i. d. R. eng begrenzten Gebiete für die kleinflächig vergleichbare langfristige Versuchsflächen aufnahmen zur Verfügung stehen, läßt sich die örtliche GWL mit befriedigender Genauigkeit bestimmen.

Soeben hat MAGIN (1963) einen interessanten Vorschlag zur Schätzung der GWL veröffentlicht, der jedoch im Rahmen der vorliegenden Untersuchung nicht mehr ausgewertet werden konnte. MAGIN'S Angaben weisen auf einen hohen Genauigkeitsgrad des von ihm vorgeschlagenen Verfahrens hin.

1.12 Die GWL einer Probefläche kann aus den Ergebnissen einmaliger Aufnahmen nicht unmittelbar hergeleitet werden. In den einmalig erhobenen Aufnahmeunterlagen sind in erster Linie der derzeitige ertragskundliche Befund und — mit Einschränkungen — Wachstum und Zuwachs während eines verhältnismäßig kurzen Zeitraumes vor der Flächenaufnahme hinreichend sicher erfaßt. Dagegen lassen sich die „Leistungszustände weiter zurückliegenden Zeitabschnitte“ (KOPP 1955) hieraus nur in einem groben Rahmen herleiten. Diese „Leistungszustände“ müssen wir jedoch kennen, wenn wir die örtliche GWL unmittelbar bestimmen wollen.

1.13 Es ist üblich, die GWL von Probeflächen mit Hilfe von Schätzverfahren mittelbar zu bestimmen, wobei Schätzkomponenten und Weiserbeziehungen mit den Daten der Flächenaufnahme als Eingangsgrößen verwendet werden. Grundlegende methodische Hinweise hierzu gaben u. a. ASSMANN (1955 b, 1955 a, 1956 a, 1956 b, 1959 c, 1961), ETTER (1949), PETERSON (1955), PFEILSTICKER (1960) und PRODAN (1951 und 1956 b). Die wesentlichen theoretisch möglichen Wege der GWL-Schätzung hat GÜNTHER (1955) bei der Beschreibung seiner standortkundlich-ertragskundlichen Untersuchungsmethode aufgezählt. Dies sind:

1. Der ertragsgeschichtliche Weg: Der stehende Vorrat und sämtliche bis zum Zeitpunkt der Flächenaufnahme angefallenen Durchforstungsentnahmen werden zur GWL summiert.

2. Anwendung von Schätztafeln oder von Weiserbeziehungen, z. B.

a) Anwendung von Ertragstafeln;

b) Anwendung einer EICHHORN-Leitbeziehung in der Form $GWL = f(h_m)$ oder $GWL = f(h_m \times d_m)$ (= Mittelstammrechteckbeziehung).

3. Messung des stehenden Vorrates und Schätzung des Vornutzungsprozentes nach örtlichen Erfahrungszahlen, Stockinventuren oder nach Ertragstafeln.

Hinzuzufügen wären noch zwei Methoden der GWL-Schätzung, die auf Wuchsreihen oder ihnen gleichgeordneten Flächengruppen, jedoch nicht auf Einzelflächen anwendbar sind.

4. Herleitung einer „simultanen Gesamtwuchsleistung“ durch Ausgleich und Addition der (i. d. R. mittels Zuwachsbohrung gewonnenen) letztpériodischen Zuwächse der einzelnen Altersstufen einer Wuchsreihe (s. hierzu ASSMANN 1959 c, FRANZ 1960 und FRANZ-KOPP-PAGEL 1960).

5. k-Wert-Verfahren von MAGIN (1963). Das Verfahren arbeitet mit den Eingangsgrößen Bestandsvolumen und Stammzahl (ha-Werte) sowie mit deren Veränderungsgrößen innerhalb einer Beobachtungsperiode.

1.2 Beurteilung der Schätzmethoden

1.21 Der ertragsgeschichtliche Weg ist i. d. R. nur in sehr wenigen Fällen gangbar. Denn es fehlt allgemein die wesentlichste Voraussetzung für eine ertragsgeschichtlich begründete Herleitung der Gesamtwuchsleistung: eine lückenlose oder

wenigstens annähernd lückenlose Verbuchung der während des gesamten Lebensalters angefallenen Durchforstungserträge auf einer gegebenen Probestfläche (vgl. hierzu GÜNTHER, I. c., S. 11).

1.22 Die Verwendung von Ertragstabellen und EICHHORN-Leitbeziehungen zur GWL-Schätzung ist besonders im letzten Jahrzehnt Gegenstand zahlreicher Untersuchungen gewesen, so u. a. von ASSMANN, EH, ERTELD, ETTER, FRANZ, GÜNTHER, KERN, MAGIN, MITSCHERLICH, MOOSMAYER, PRODAN, RÄTZEL, WEIHE und WERNER. Diese Arbeiten zeigen sehr deutlich die vielseitigen Möglichkeiten, aber auch die Grenzen auf, die der praktischen Anwendung der beiden Hilfsmittel auf den Einzelfall gesetzt sind. Nach Untersuchungen von ASSMANN (1955 b, 1959 b, 1959 c), GÜNTHER (1955), FRANZ-KOPP-PAGEL (1960), MITSCHERLICH (1950, 1958, 1959) und MOOSMAYER (1958) betragen die durchschnittlichen Abweichungen der GWL-Schätzwerte von den „wirklichen“ Werten bis zu ± 10 Prozent. Die Einzelabweichungen sind z. T. wesentlich höher. Die verhältnismäßig schmalen Streubänder der Beziehung $GWL = f(h_0) - h_0$ als Mittelhöhe der Herrschenden und Mitherrschenden bestimmt —, die ETTER (1949) für konkrete, etwa vom Alter 35 bis 80 beobachtete Bu- und Fi-Versuchsflächen gefunden hat, und die mäßigen bedingten Standardabweichungen s_{yy}^0 um die Kurvenwerte dürfen uns nicht vergessen lassen, daß hier, wie ASSMANN an Hand der bayerischen Versuchsreihen zeigen konnte, systematische Abweichungen auftreten können, die standortsbedingt sind. Die von ASSMANN gefundenen maximalen Abweichungswerte der Beziehung $GWL = f(h_0)$ betragen z. B. für die Oberhöhe 28 m immerhin 300 fm, was einer Streuung von ca. 10% gleichkommt. Die Differenz entspricht dem Unterschied des Ertragsniveaus von Ottobeuren 8 und Eglingharting 73. Sie ist zweifellos zum größten Teil als systematisch (d. h. standortsbedingt) anzusehen. Ähnliches kann bei den prozentischen Werten von s in Tab. 3, S. 120, der Arbeit von ETTER auch vorliegen. Diese liegen im groben Durchschnitt bei ± 8 Prozent.

1.23 Die Schätzmethode der „simultanen GWL“ geht davon aus, daß die laufenden Zuwächse innerhalb des gesamten Altersbereiches einer Flächenreihe (Wuchsreihe) etwa zur gleichen Zeit erhoben werden. Der hieraus gewonnene Schätzwert für die Gesamtwuchsleistung ist einseitig belastet durch die klimatischen und sonstigen Eigenheiten des einbezogenen (und des unmittelbar davor liegenden) Zuwachszeitraumes. Bei der Anwendung eines geeigneten Verfahrens zur Zuwachsbestimmung und genügender Flächenwiederholung in den einzelnen Altersstufen kann die „simultane GWL“ mit hoher Genauigkeit bestimmt werden. Dies erfordert jedoch einen erheblichen Zeitaufwand. Zur GWL-Schätzung von Einzelflächen ist die Methode nicht anwendbar.

1.24 Versuche, die GWL über stehenden Vorrat und Vornutzungsprozent (VN%) zu schätzen, führten bisher zu unbefriedigenden Ergebnissen. Die hierbei erzielten Genauigkeiten waren i. d. R. wesentlich geringer als bei einer Herleitung über Ertragstabelle und EICHHORN-Beziehung, bedingt durch unzureichende Methoden, mit denen das Vornutzungsprozent geschätzt wurde. Örtliche Erfahrungszahlen und Ertragstabellangaben können immer nur orientierende Werte liefern, von denen die flächenbezogenen Vornutzungsprozente vielfach ganz erheblich abweichen. Auch Stockinventuren, verbunden mit Methoden verschiedener Art zur Umrechnung auf Vornutzungsvolumina, vermögen i. d. R. nur Anhaltswerte für das örtliche Vornutzungsprozent zu geben. Die Auswertung von Stockinventuren ist u. a. belastet mit der Unsicherheit, daß die Abmessungen der älteren Stöcke nicht mehr einwandfrei erfaßt und damit nur sehr grob auf Brusthöhen durchmesser umgerechnet werden können. Zusätzlich fällt hierbei ein einseitig negativer Fehler ins Gewicht, der dadurch entsteht, daß selten alle Stöcke bei der Inventur erfaßt werden und dadurch Vornutzungsanteil und Gesamtwuchsleistung zu gering ermittelt werden.

1.25 Daß eine Schätzung des örtlichen Vornutzungsprozentes bei durchaus günstigen Fehlerwerten möglich ist, haben neuere Untersuchungen ASSMANNs (1959 a und 1959 b) ergeben, auf denen die folgenden Überlegungen aufbauen. ASSMANN leitete aus Merkmalen der Stammzahlverteilung über dem Durchmesser eine Weisergröße für die Höhe des Vornutzungsprozentes her. Als Kennwort verwendete er das sog. Durchmesserdifferenzprozent, d. i. die Differenz zwischen dem Oberdurchmesser und dem Mittendurchmesser in Prozenten des Oberdurchmessers: $\Delta d \% = 100 (d_0 - d_m) / d_0$. Am Material niederdurchforsteter und langfristiger beobachteter Fich-

tenversuchsflächen aus oberbayerischen Wuchsbezirken stellte er eine gute Übereinstimmung seiner über das Durchmesserdifferenzprozent geschätzten Werte mit den „wirklichen“ Vornutzungsprozents fest. Bei einer Bestimmung der Gesamtwuchsleistung von 121 aufgenommenen Probestflächen aus älteren Erhebungen (vgl. VANSELOW 1951) wurde die Schätzmethode mit Erfolg angewandt (ASSMANN 1959 b). Der Bereich, innerhalb dessen die Schätzmethode anwendbar ist, ferner die Schätzgenauigkeit und insbesondere die mögliche maximale Fehlerbelastung der Einzelaussage konnte in diesen Untersuchungen noch nicht ermittelt werden. Diese Fragen, die für eine abschließende Beurteilung der Schätzmethode von Bedeutung sind, sollen — neben anderen — in der vorliegenden Arbeit näher untersucht werden.

2. Theoretische Grundlagen der VN%-Schätzung mit Hilfe von Merkmalen der Stammzahlverteilung über dem Durchmesser

2.1 Überblick

2.11 Über die Durchmesser- und Volumenstruktur unserer wichtigsten Nadelhölzer im gleichaltrigen Reinbestand sind wir durch die grundlegenden Untersuchungen von CAJANUS (1914), KRENN (1946 a, 1947), LÖNNROTH (1926), MITSCHERLICH (1939 a und 1939 b), G. MÜLLER (1957), PETTERSON (1955) und PRODAN (1946 und 1953) sowie durch zahlreiche zusammenfassende Darstellungen, u. a. von ASSMANN (1961), BRUCE und SCHUMACHER (1950), CHAPMAN und DEMERITT (1936), CHAPMAN und MEYER (1949) und PRODAN (1951, 1961 a) gut unterrichtet. Einige dieser Arbeiten geben zugleich einen Einblick in die biometrischen Gesetzmäßigkeiten, nach denen sich die Durchmesserfrequenzen aufbauen und — unter dem Einfluß verschiedener Faktoren — verändern. ERTELD (1957) untersuchte den Einfluß unterschiedlicher Eingriffsstärken auf die Struktur der Stammzahlverteilung unpfleglich behandelter Kiefernbestockungen. FRANZ, KOPP und PAGEL (1960) verglichen die Stammzahlverteilung verschiedener Standorte miteinander. Sie stellten bei der Kiefer fest, daß die Durchmesserfrequenzen von Bestockungen gleicher Höhenwuchsleistung auf unterschiedlichen, jedoch leistungsverwandten Standorten im gleichen Wuchsbezirk z. T. deutliche standortstypische Abweichungen zeigen, die zugleich auf standortstypische Differenzen in der Gesamtwuchsleistung hinweisen.

Die folgende kurze Darstellung der methodischen Grundlagen der VN%-Schätzung mit Hilfe von Merkmalen der Stammzahlverteilung über dem Durchmesser geht von den Untersuchungsergebnissen der genannten Autoren aus.

2.12 Die Durchmesserverteilung im Gleichschluß erwachsener gleichaltriger Reinbestände wird bei stetiger (periodischer) Stammzahlverminderung im Sinne einer Niederdurchforstung durch ein charakteristisches Veränderungsmoment geprägt. PETTERSON (1955) nennt es Niederdurchforstungsmoment (vgl. Abb. 1).

Das Ausmaß der Stammzahlverminderung variiert das Niederdurchforstungsmoment erheblich (vgl. Abb. 1 unten). Bereits einmalige geringe Veränderungen der Ausgangsverteilung durch Stammzahlverminderung kommen in den biometrischen Kennwerten der Folgeverteilung meßbar zum Ausdruck. Sie sind darüber hinaus langperiodisch wirksam; ihre Meßbarkeit verringert sich jedoch mit zunehmendem Zeitabstand vom Durchforstungsereignis. Wiederholte Stammnahme verstärkt das Niederdurchforstungsmoment, wenn sie gleichbleibend von der Seite der schwächeren Durchmesser ausgeht. Änderungen der Pflorgetechnik können den Wirkungsgrad des Niederdurchforstungsmomentes auf die Häufigkeitsverteilung der Durchmesser vermindern oder sogar aufheben. Die Reaktion auf ein gegebenes Niederdurchforstungsmoment ist alters-, standorts- und bonitätsbedingt.

2.13 Der Wirkungsgrad des Niederdurchforstungsmomentes kann mit Hilfe der Verteilungsmomente Varianz, Asymmetrie und Exzess verhältnismäßig sicher bestimmt werden. Bei gegebenem ertragskundlichem Befund ist die Kennzeichnung auch über die Beziehung zweier repräsen-

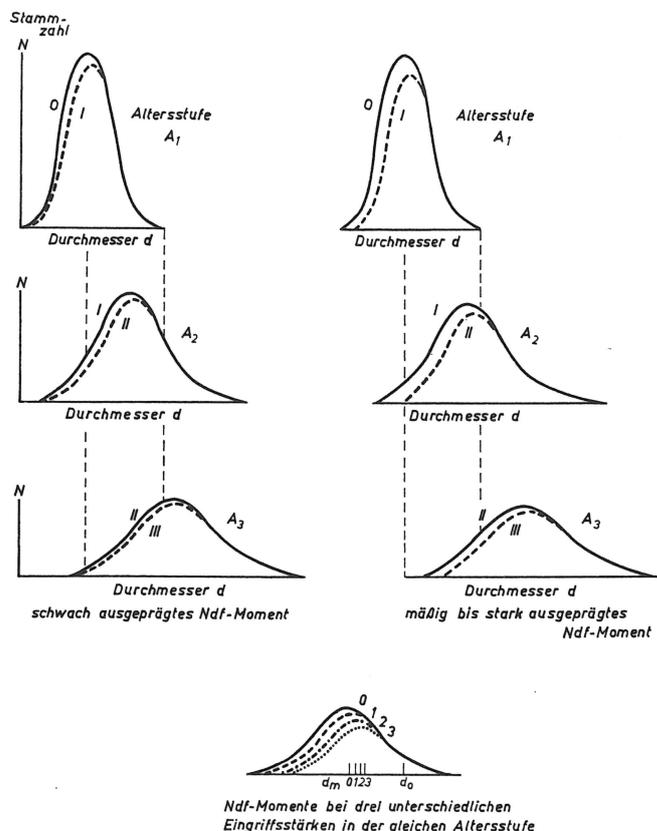


Abb. 1

Veränderung einer Stammzahlverteilung über dem Brusthöhendurchmesser durch Stammzahlveränderung nach dem Niederdurchforstungsmoment. Schematische Darstellung.

O = Ausgangsverteilung.

I, II, III Folgeverteilung I—III.

Oben und Mitte: Zeitfolgenreihen zweier unterschiedlicher Niederdurchforstungsmomente.

Unten: Zeitgleiche Befundreihe des Niederdurchforstungsmoments bei unterschiedlicher Eingriffsstärke.

tativer Durchmesser Mittel als Hilfsgrößen in zufriedenstellender Weise möglich. ASSMANN (1959 a) schlägt hierfür die Durchmesserdifferenz zwischen dem Grundflächenmittelstamm des Bestandes (d_m) und dem Grundflächenmittelstamm der 100 stärksten Bäume/ha (d_0) in Beziehung zu d_0 vor. Die Größe $(d_0 - d_m) / d_0$ läßt sich — im Gegensatz zu den Momenten verschiedenen Grades der Verteilung — auch unter Feldbedingungen leicht herleiten. In Tabelle 23 sind die Durchmesserdifferenzprozentage $\Delta d\% = 100 (d_0 - d_m) / d_0$ in Abhängigkeit von der Durchmesserdifferenz ($d_0 - d_m$) und dem Oberdurchmesser d_0 auszugsweise tabelliert. Eine ausführliche Tabelle wird in einem gesondert veröffentlichten Tabellenteil vorgelegt.

2.14 Aus Abschnitt 2.12 geht hervor, daß die Durchmesserverteilungen niederdurchforsteter Bestände im wesentlichen durch drei Moment-Komponenten gekennzeichnet sind. Dies sind

1. Alter, Standort, Bonität und waldbauliche Ausgangssituation (Begründungsart, Ausgangsstammzahl usw.)
2. die Intensität der Stammzahlverminderung im letztperiodischen Zuwachszeitraum
3. Häufigkeit und Intensität der Stammzahlverminderung in den davor liegenden Lebensabschnitten.

Die erste Komponente gibt — sofern keine extremen waldbaulichen Ausgangsbedingungen bestanden haben — einen Hinweis auf das natürliche Ertragsniveau, d. h. auf

die standortstypische Beziehung zwischen der Ober- bzw. Mittelhöhe und der Gesamtwuchsleistung von Beständen mit natürlicher Grundflächenhaltung (vgl. ASSMANN 1959 c). Die anderen beiden Komponenten kennzeichnen den Anteil der Vornutzungen an der Gesamtwuchsleistung bzw. zum gegebenen Aufnahmealter. Je höher der Vornutzungsanteil ist, um so geringer ist — unter sonst gleichen Bedingungen — die Differenz zwischen dem Ober- und dem Mitteldurchmesser (ASSMANN 1959 a).

2.2 Voraussetzungen für eine VN%-Schätzung über die Differenz $d_0 - d_m$ der Stammzahlverteilung

2.21 Der Rahmen, innerhalb dessen der Vornutzungsanteil an der Gesamtwuchsleistung über die geschilderte Merkmale der Stammzahlverteilung geschätzt werden kann, wurde im Abschnitt 2.12 umschrieben. Hiernach müssen folgende Voraussetzungen vorliegen:

1. gleichaltrige oder zumindest annähernd gleichaltrige Bestände (Altersschwankung nicht über 10 Jahre)
2. Bestände ohne Mischungsanteil oder allenfalls mit geringem Anteil an gleichwüchsigen Mischbaumarten
3. Bestandespflege im Sinne einer Niederdurchforstung, Veränderung der Durchmesserverteilung nach dem Niederdurchforstungsmoment

Diese Voraussetzung trifft allgemein auch für Bestockungen zu, in denen lediglich eine natürliche Stammascheidung stattgefunden hat (A-Grad-Vergleichsfläche in Durchforstungsreihen).

4. eingipfelige (\pm asymmetrische) Stammzahlverteilung über dem Durchmesser

2.22 Ebenso wie die Untersuchungen ASSMANNs wurde auch die vorliegende Arbeit am Material von Fichtenversuchsflächen durchgeführt. Die mitgeteilten Ergebnisse beziehen sich lediglich auf diese Baumart.

2.23 Aus den oben genannten Untersuchungen der Stammzahlverteilung wissen wir, daß die Durchmesserfrequenz älterer Fichtenbestände auch bei vorliegender Niederdurchforstungsmoment vielfach nicht mehr die typische eingipfelige Kurvenform niederdurchforsteter Bestockungen erkennen läßt und sich mit steigendem Alter in zunehmendem Maße auflöst. Lediglich bei sehr großen über den üblichen ertragskundlichen Erhebungsrahmen hinausgehender Stichprobenahme läßt sich dann noch eine typische Durchmesser-Verteilungskurve herausarbeiten.

In diesem Alter, das wir grob mit 80 bis höchstens 100 ansetzen wollen, kann der Vornutzungsanteil nicht mehr mit der erforderlichen Mindestgenauigkeit über die Merkmale der Stammzahlverteilung geschätzt werden. Hier hat die vorgeschlagene Schätzmethode eine obere natürliche Grenze ihrer Anwendbarkeit.

3. Grundlagenmaterial zur Herleitung und Überprüfung der Schätzmethode

3.1 Versuchsflächenaufnahmen als Grundlagenmaterial

Die Grundlagen der Schätzmethode wurden am Material der sechs langfristig beobachteten Versuchsreihen Denklingen 5, Eglharting 72 und 73, Ottobeuren 8 und Sachsenried 2 und 3 erarbeitet (vgl. Karte auf Abb. 2 ausgefüllte Signaturen).

Das gut durchgerechnete Material, das bereits in den vergangenen Jahren zur Formulierung und Interpretation neuer wesentlicher Erkenntnisse beitrug (vgl. u. a. ASSMANN 1954 und 1961), erschien hierfür besonders geeignet, nicht zuletzt weil es einen breiten Variationsbereich der Ertragsmerkmale gleichaltriger reiner Fichtenbestände (Stammzahl-, Grundflächen- und Vorratshaltung, Bonitätsrahmen, Variationsbreite der Bestandesstruktur u. a. m.) im südbayerischen Raum umfaßt.

Tabelle 1

Variationsbereich der wesentlichen Ertrags Elemente der sechs Fichten-Versuchsreihen D 5, E 72, E 73, O 8, S 2 und S 3, nach drei Altersgruppen gegliedert

Ertragsselement	Altersgruppe	Variationsbreite der Ertrags Elemente in der Vfl-Reihe						
		D5	E72	E73	O8	S2	S3	alle Vfl
Beob. Altersperiode		35/104	36/80	41/86	33/106	32/101	33/102	32/106
Anzahl d. Beob.jahre		69	44	45	73	69	69	44/73
Anzahl d. Aufnahmen		11 (33)	8 (24)	8 (24)	13(38!)	12(36)	12(36)	8(24)/13(38)[191]
Oberhöhe h_0 in m	bis 50 J.	15/16 25/26	13/14 19/21	18/18 20/21	16/17 24/25	15/16 24/25	13/14 23/24	13/18*) 19/26
	51—80 J.	26/27 31/32	21/23 28/30	22/24 27/29	26/27 34/36	25/26 33/34	24/25 33/35	21/27 27/36
	über 80 J.	32/33 37/37	—	29/31	36/37 39/41	34/36 37/39	35/36 38/39	29/37 37/41
Stammzahl/ha vbl. Bestand N/ha	bis 50 J.	3500/2600 2200/1500	6300/2800 3400/1300	2200/1500 2100/1400	4200/2800 2500/1300	4100/2700 2500/1600	7400/3900 3200/1600	7400/1500*) 3400/1300
	51—80 J.	1800/1100 1100/500	3000/1100 1000/600	1800/1100 1200/600	2000/1000 1000/500	2100/1000 1000/500	2400/1000 900/500	3000/1000 1200/500
	über 80 J.	1000/500 600/400	—	800/500	900/500 700/400	900/500 700/400	900/500 600/400	1000/500 700/400
Grundfläche/ha vbl. Bestand G/ha in qm	bis 50 J.	47/51 51/59	23/36 28/44	28/40 34/47	51/55 55/71	45/53 56/66	34/43 44/56	23/55*) 28/71
	51—80 J.	39/60 46/65	32/49 43/54	37/51 42/58	52/71 59/77	42/68 56/73	35/58 48/69	32/71 42/77
	über 80 J.	49/67 59/70	—	46/54	63/82 52/78	61/74 68/76	54/72 61/77	46/82 52/78
Schaftholzvorrat/ha vbl. Bestand V/ha in Vfm S	bis 50 J.	340/360 560/620	140/180 230/370	230/340 310/420	380/420 630/750	350/400 610/680	220/280 450/520	140/420*) 230/750
	51—80 J.	550/680 610/880	300/460 510/660	370/500 500/700	640/820 860/1140	570/770 800/1020	440/610 700/970	300/820 500/1140
	über 80 J.	670/930 850/1020	—	580/700	930/1190 970/1280	870/1060 1000/1120	780/1060 920/1160	580/1190 850/1280
Volumen-Vornutzungs- prozent (Schaftholz) VN%	bis 50 J.	2/21	6/45	5/32	4/27	1/21	4/27	1/45
	51—80 J.	13/47	16/41	8/38	18/45	14/49	18/49	8/49
	über 80 J.	25/45	—	30/37	30/48	31/44	26/41	25/48
Gesamtwuchsleistung Schaftholz/ha GWL/ha in Vfm S	bis 50 J.	370/380 690/710	190/230 420/460	340/360 430/460	400/460 840/860	380/420 760/810	260/300 610/660	190/460*) 420/860
	51—80 J.	780/800 1160/1210	510/580 850/1010	540/580 800/920	980/1020 1570/1620	880/940 1420/1520	730/790 1250/1360	510/1020 800/1620
	über 80 J.	1220/1290 1480/1580	—	920/1060	1660/1710 1860/2050	1500/1600 1730/1870	1330/1460 1550/1710	920/1710 1480/2050
Oberdurchmesser d_0 in cm	bis 50 J.	22/23 29/31	16/17 23/25	21/24 24/26	21/23 30/31	20/21 29/30	18/20 27/29	16/24*) 23/31
	51—80 J.	31/33 41/44	25/27 35/38	27/30 35/37	32/33 44/46	31/33 44/48	30/32 44/45	25/33 35/48
	über 80 J.	42/45 49/54	—	39/41	46/48 53/54	46/50 52/57	47/48 52/54	39/50 49/57
Diff. Oberdurchmesser - Mittendurchmesser ($d_0 - d_m$) in cm	bis 50 J.	8/11	5/10	6/10	7/11	6/11	8/13	5/13
	51—80 J.	8/13	8/12	7/12	7/14	8/13	8/15	7/15
	über 80 J.	9/13	—	7/12	8/15	10/14	8/15	7/15
$\Delta d\% = \frac{100 \cdot (d_0 - d_m)}{d_0}$	bis 50 J.	41/31	49/30	36/28	38/25	39/30	55/33	55/25
	51—80 J.	35/21	42/21	36/19	36/17	37/20	42/20	42/17
	über 80 J.	31/19	—	29/19	30/15	29/19	31/16	31/15

*) Anm.: Das obere Ziffern paar gibt den Rahmen der Werte im unteren Bereich der Altersgruppe an, während das untere Ziffern paar den Wertrahmen an der oberen Grenze der Altersgruppe bzw. des erfaßten Altersbereiches kennzeichnet.

Tabelle 1 zeigt den erfaßten Rahmen einiger wesentlicher Ertrags Elemente der Flächenreihen, nach drei Altersgruppen gegliedert. Dieser Rahmen umgrenzt zugleich den Aussagebereich der am Schluß der Untersuchung vorgeschlagenen Schätz methode. Jede der sechs Flächenreihen in Tabelle 1 enthält eine A-, B- und C-Grad-Fläche. Insgesamt wurden 191 Versuchsflächen aufnahmen zur Herleitung der Schätz Elemente herangezogen.

3.2 Vergleiche mit Ertragstafelwerten

Die aus dem Versuchsflächenmaterial hergeleiteten Schätzgrundlagen wurden durch vergleichende Ertragsta-

feluntersuchungen erweitert. Grundlage hierfür waren die Fichtentafeln von

GEHRHARDT 1921
VANSELOW 1951 für Südbayern
und WIEDEMANN 1936/42, mäßige Durchforstung

Zur Klärung methodischer Teilfragen wurden darüber hinaus die Tafeln von KRENN (1946) für Süddeutschland und Österreich, ZIMMERLE (1943) für Württemberg und WIEDEMANN (1936/42), starke Durchforstung, sowie (1936), gestaffelte Durchforstung, herangezogen.

Tabelle 2
**Variationsbereich der wesentlichen Ertrags Elemente der vier Fichten-Versuchsreihen B 65, D 84, S 67
 und S 68, gegliedert nach drei Altersgruppen**

Ertrags Element	Alters- gruppe	Variationstreite der Ertrags Elemente in der Vfl.-Reihe				
		B 65	D 84	S 67	S 68	alle Vfl.
bearb. Altersperiode	51—80 J.	34/88	41/76	43/92	42/91	34/92
Anzahl d. Beob.-Jahre	bis 50 J.	54	35	49	49	35/54
Anzahl d. Aufnahmen	über 80 J.	8(24)	6(11)	8(24)	8(24)	6(11)/8(24)[83]
Oberhöhe h_0 in m	bis 50 J.	18/19 22/22	19/19 23/23	20/22 22/24	20/21 23/23	18/22*) 22/24
	51—80 J.	26/29 34/36	26/26 32/32	28/29 34/35	27/28 32/34	26/29 32/36
	über 80 J.	36/38	—	36/37 37/38	36/36 36/37	36/38 36/38
Stammzahl/ha vbl. Bestand N/ha	bis 50 J.	3600/2500 2800/1300	2600/1700 1700/1300	3500/1900 2300/1100	2900/1900 2300/1200	3600/1700*) 2800/1100
	51—80 J.	1800/700 900/500	1500/1100 800/700	1600/700 1000/500	1700/700 1200/600	1800/700 1200/500
	über 80 J.	700/400	—	600/400 600/400	700/500 700/400	700/400 700/400
Grundfläche/ha vbl. Bestand G/ha in qm	bis 50 J.	54/58 42/63	42/51 50/57	47/52 40/54	47/51 40/57	42/58*) 40/63
	51—80 J.	43/64 60/72	55/61 59/65	46/64 59/71	44/65 59/73	43/65 59/73
	über 80 J.	62/69	—	62/68 67/73	64/65 59/69	62/69 59/73
Schaftholzvorrat/ha vbl. Bestand V/ha in Vfm S	bis 50 J.	390/420 410/590	340/390 480/560	420/440 420/470	390/430 420/550	340/440*) 410/590
	51—80 J.	500/670 910/1010	610/640 790/920	570/740 800/880	550/740 750/940	500/740 750/1010
	über 80 J.	940/1050	—	840/930 980/1080	890/930 880/1020	840/1050 880/1020
Volumen-Vornutzungs- prozent (Schaftholz) VN%	bis 50 J.	3/39	6/23	2/38	2/34	2/39
	51—80 J.	18/40	16/33	12/38	10/39	10/40
	über 80 J.	35/42	—	33/40	32/41	32/42
Gesamtwuchsleistung Schaftholz/ha GWL/ha in Vfm S	bis 50 J.	420/420 630/640	420/430 620/650	440/510 530/670	400/480 580/630	400/510*) 530/670
	51—80 J.	820/870 1470/1510	760/780 1180/1270	840/960 1080/1270	820/900 1140/1160	760/960 1080/1510
	über 80 J.	1580/1640	—	1360/1410 1500/1580	1360/1390 1500/1510	1360/1640 1500/1580
Oberdurchmesser d_0 in cm	bis 50 J.	23/26 26/29	26/27 31/33	27/28 30/31	24/26 28/30	23/28*) 26/33
	51—80 J.	32/36 43/51	34/36 42/43	37/38 46/47	33/37 40/46	32/38 40/51
	über 80 J.	46/54	—	51/51 53/54	43/51 46/53	43/54 46/54
Diff. Oberdurchmesser- Mitteldurchmesser ($d_0 - d_m$) in cm	bis 50 J.	8/9	10/11	9/13	8/10	8/13
	51—80 J.	9/12	11/11	9/16	9/12	9/16
	über 80 J.	10/12	—	9/14	8/11	8/14
$\Delta d\% = \frac{100(d_0 - d_m)}{d_0}$	bis 50 J.	29/37	32/39	30/49	29/40	29/49
	51—80 J.	20/33	26/32	21/39	21/33	20/39
	über 80 J.	18/26	—	18/28	16/23	18/28

*) Anm.: Das obere Ziffern paar gibt den Rahmen der Werte im unteren Bereich der Altersgruppe an, während das untere Ziffern paar den Wertrahmen an der oberen Grenze der Altersgruppe bzw. des erfaßten Altersbereiches kennzeichnet.

3.3 Überprüfung des Schätzverfahrens

Die Genauigkeit des Schätzverfahrens wurde an 83 Aufnahmen der vier langfristig beobachteten südbayerischen Versuchsflächenreihen Betzigau 65, Denklingen 84 und Sachsenried 67 und 68 untersucht (vgl. Karte auf Abb. 2, durchkreuzte Hohlkreise). Die Variationsbreiten der hier interessierenden Ertrags Elemente der vier Flächenreihen sind in Tabelle 2 wiedergegeben. Mit Ausnahme der Flächenreihe Denklingen 84, die keine A-Grad-Fläche ent-

hält, gliedern sich alle Reihen in je eine A-, B- und C-Grad-Fläche. Der Methodenprüfung liegen somit insgesamt 11 langfristig beobachtete Einzelflächen zugrunde.

4. Orientierende Untersuchung des Niederdurchforstungs moments

Bei der Erarbeitung der methodischen Grundlagen in Abschnitt 2 wurde festgestellt, daß die Schätzmethode nur in Beständen mit eingipfeligen Stammzahlverteilungen anwendbar ist, die sich im Laufe der Bestandesentwick-

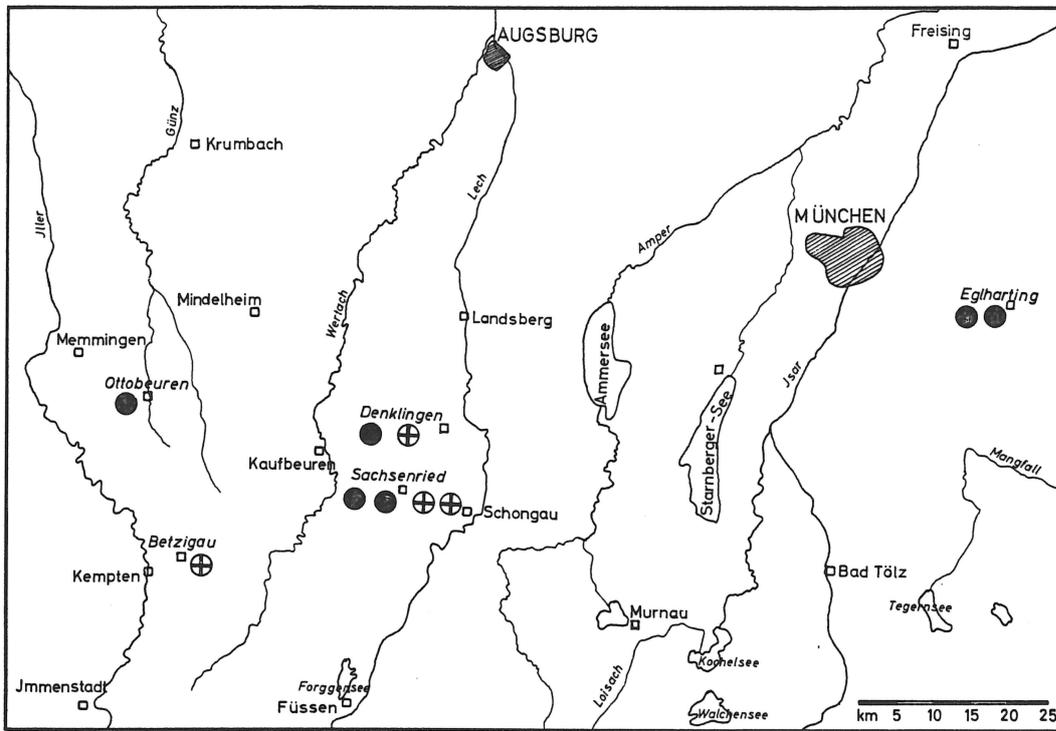


Abb. 2

Lage der sechs Versuchsflächenreihen, deren Aufnahmen bei der Herleitung des Schätzverfahrens verwendet wurden (ausgefüllte Kreise) und der vier Versuchsreihen, an denen das Verfahren überprüft wurde (Hohlkreise mit Kreuz).

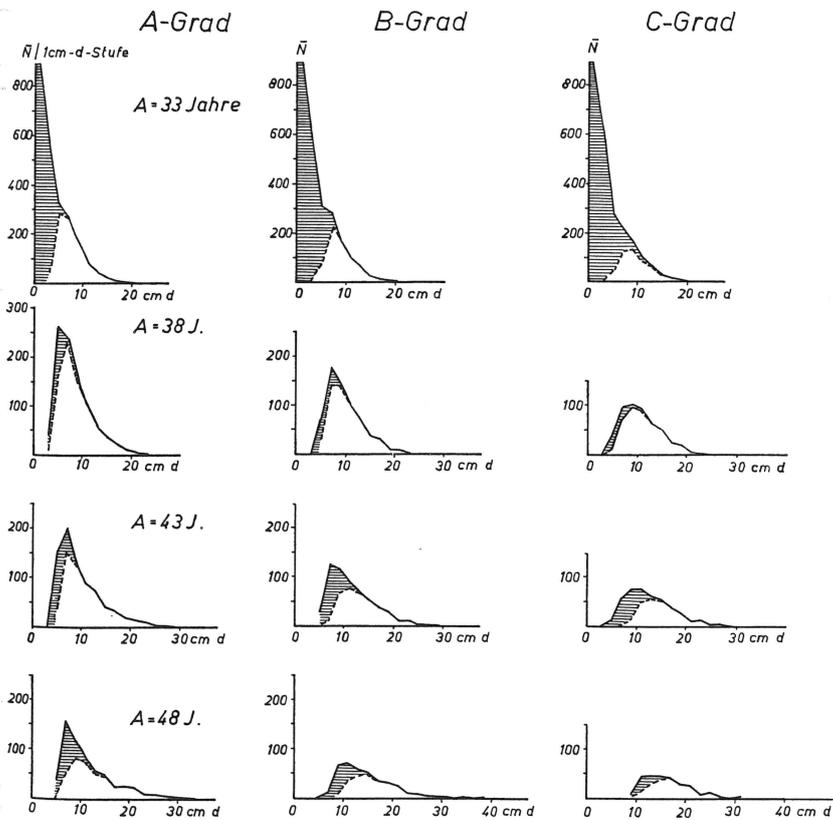


Abb. 3

Versuchsflächenreihe Sachsenried 3, A-, B- und C-Grad. Die Stammzahlverteilungen über dem Durchmesser nach den Ergebnissen der Versuchsflächenaufnahmen 1883 bis 1898. Altersgruppe 31 bis 50 Jahre. Schraffierte Flächen: Ausscheidender Bestand.

lung mehr oder minder stetig nach dem Niederdurchforstungsmoment verändert haben. Bevor der Weiserwert der einzelnen Schätzelemente ermittelt werden konnte, war daher zu prüfen, ob die in die Berechnung einbezogenen Versuchsflächen diese Merkmale der Durchmesserfrequenz aufweisen.

Orientierende Untersuchungen hierüber ergaben, daß die Stammzahl-Durchmesser-Struktur der Flächen die erforderlichen Merkmale aufweist oder doch zumindest der eingipfeligen Verteilungsform zugeordnet werden kann. Auf Abbildung 3 bis 5 sind die Durchmesserverteilungen der Versuchsflächenreihe Sachsenried 3 und deren Veränderungen durch Aushieb und natürlichen Stammabgang im Laufe der Beobachtungsperiode getrennt nach Durchforstungsgraden dargestellt. Hierbei wurden die Durchmesserstammzahlen im Alter bis zu 50 Jahren nach 2-cm-Durchmesserstufen, im Alter 51 bis 80 nach 3-cm-Durchmesserstufen und im Alter von über 80 Jahren nach 5-cm-Stufen zusammengefaßt. Die Zusammenfassung erfolgte nach konstanten Stufen ohne Ausgleich mittels gleitender Durchschnitte, χ^2 -Approximation o. ä. Die Verteilungsbilder der anderen Flächen zeigen die gleichen Merkmale wie die als Beispiel dargestellte Reihe Sachsenried. Alle Kurven geben das typische Verteilungsbild niederdurchforsteter Bestände

mit annähernd normaler bis stark asymmetrischer \pm eingipfelförmiger Frequenz wieder. Die Veränderung der Stammzahlverteilung mit zunehmendem Alter und unter dem Einfluß des natürlichen Stammabganges sowie der Stammzahlverminderung durch Hiebseingriffe läßt bei den C-Grad-Flächen erwartungsgemäß anfangs das stärkste Niederdurchforstungsmoment entstehen. Hier wurde ein nennenswerter Teil des Aushiebs auch aus dem mittleren Frequenzbereich entnommen. Im höheren Alter ist dagegen das Niederdurchforstungsmoment der C-Grad-Flächen oftmals schwächer ausgeprägt als das der A- und B-Grad-Flächen. Ebenso wie bei den A- und B-Flächen ist jedoch auch bei den C-Flächen das Niederdurchforstungsmoment das kennzeichnende Merkmal der Frequenzveränderung.

5. Durchmesserdivergenzprozent und Vornutzungsprozent

5.1 Untersuchung der Durchmesserdivergenz Δd

5.11 Wie aus Abschnitt 2.1 hervorgeht, wird die Differenz Oberdurchmesser — Mitteldurchmesser $\Delta d = d_o - d_m$ als ein Kennwert für die Struktur der Stammzahlverteilung über dem Durchmesser beurteilt, der als partielles Schätzelement bei der Herleitung des Vornutzungsprozentes an Schaftholzvolumen verwendet werden kann. Der Wert der Durchmesserdivergenz verändert sich mit der natürlichen Altersentwicklung der Stammzahlverteilung und, damit gleichbedeutend, mit jeder Veränderung der Ertrags-elemente, die in erster Linie Erwartungswerte des Alters sind, z. B. der Oberhöhe, des Oberdurchmessers und der natürlichen Stammzahlhaltung. Diese Gruppe von Einflußfaktoren kann als primäres Einflußmoment aufgefaßt werden.

Abbildungen 6 bis 8 geben den Einfluß des primären Moments auf die Größe der Durchmesserdivergenz ($d_o - d_m$) wieder, dargestellt am Beispiel des Bestandesalters und der Oberhöhe, (getrennt nach Einzelflächen und nach Flächengruppen A, B und C zusammengefaßt) sowie des Oberdurchmessers und der Stammzahl (verbl. Bestand) der sechs Flächenreihen D 5, E 72, E 73, O 8, S 2 und S 3 (letztere lediglich nach Flächengruppen zusammengefaßt). ($d_o - d_m$) zeigt die Tendenz, mit zunehmendem Abszissenwert — bei der Stammzahl mit abnehmendem Abszissenwert — größer zu werden.

Bei einigen Flächen ist eine nur geringe Zunahme bzw. ein häufiger Wechsel zu- und abnehmender Differenzen oder eine deutliche Abnahme über höheren — bei der Stammzahl nied-

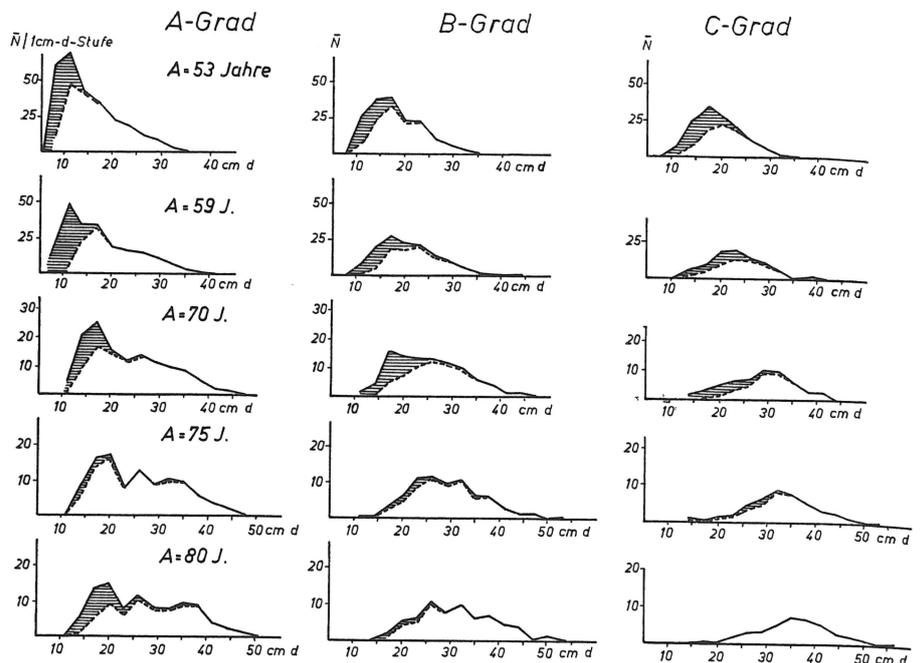


Abb. 4

Versuchsflächenreihe Sachsenried 3, A-, B- und C-Grad.
Die Stammzahlverteilungen über dem Durchmesser nach den Ergebnissen der Versuchsfächenaufnahme 1902 bis 1929. Altersgruppe 51 bis 80 Jahre.
Schraffierte Flächen: Ausscheidender Bestand.

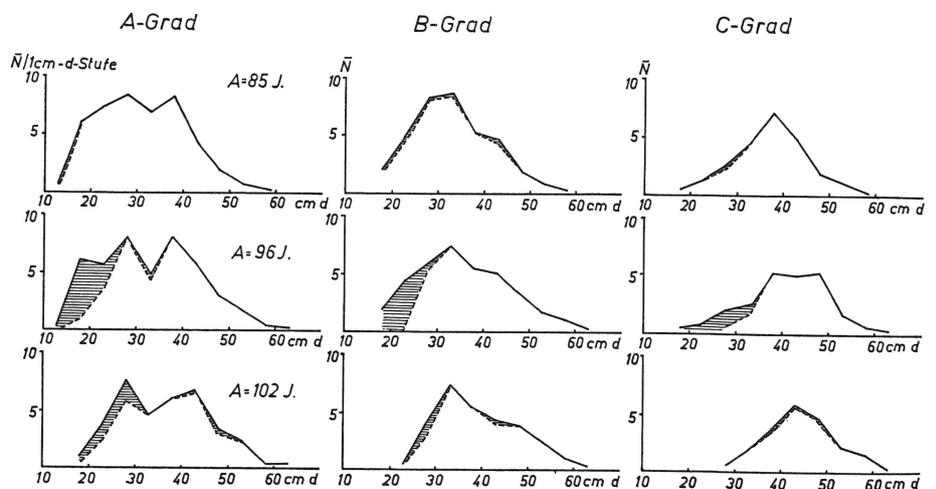


Abb. 5

Versuchsflächenreihe Sachsenried 3, A-, B- und C-Grad.
Die Stammzahlverteilungen über dem Durchmesser nach den Ergebnissen der Versuchsfächenaufnahme 1934 bis 1951. Altersgruppe über 80 Jahre.
Schraffierte Flächen: Ausscheidender Bestand.

rigen — Abszissenwerten nach Erreichen eines Optimums zu erkennen, letzteres vor allem beim A-Grad. Die Gesamttendenz der ($d_o - d_m$)-Werte ist jedoch leicht steigend.

5.12 Die Verwendung der Durchmesserdivergenz zur Schätzung des Vornutzungsprozentes setzt voraus, daß ($d_o - d_m$) partielle Trenneigenschaften besitzt, d. h. bei einem vorgegebenen primären Einflußmoment noch durch ein sekundäres Einflußmoment verändert werden kann. Das sekundäre Einflußmoment ergibt sich aus der Summe aller Einflüsse, die durch die „künstliche“ Stammausscheidung infolge von Pflegeeingriffen nach dem Niederdurchforstungsmoment auf die Struktur der Stammzahlverteilung ausgeübt werden.

Beide Einflußmomente greifen vielfach ineinander, so daß eine klare Trennung oftmals nicht möglich ist. Die Gliederung hat ohnehin in erster Linie theoretisch-methodische Bedeu-

tung. Zwischen Stammabgang und Durchmesser­differenz bestehen enge Wechsel­beziehungen. Hierbei wird der Stamm­zahlwert als vorgegebene Größe ange­sehen. Um eine klare Gliederung der Ein­flußgrößen zu erreichen, wird bei den folgenden Rechnungen die Stammzahl — auch die durch aktive Durchforstung ver­änderte Stammzahl — grundsätzlich der primären Grundbeziehung zugeordnet (vgl. Abschn. 5.32).

Auf Abbildungen 6 bis 8 kommt der Ein­fluß der Eingriffsstärke auf die Durchmesser­differenz klar zum Aus­druck: Die $(d_0 - d_m)$ -Linien der drei Durchforstungsgrade sind allgemein deutlich voneinander getrennt. Hierbei zeigen die A-Grad-Flächen unter sonst gleichen Bedingungen erwartungs­gemäß die größten, die C-Grad-Flächen die geringsten Durchmesser­differenzen. Die Staffelung der $(d_0 - d_m)$ -Linien der einzelnen Versuchsflächenreihen ent­spricht in ihrer Größenordnung allge­mein der (bei den einzelnen Versuchs­flächenreihen unterschiedlichen) Staffe­lung der Eingriffsstärken. Sie ist i. d. R. nach den ersten Durchforstungen er­kennbar. Es läßt sich somit feststellen, daß auch das eingangs umschriebene sek­undäre Einflußmoment die Durchmes­ser­differenz $(d_0 - d_m)$ erheblich variiert.

5.13 Das bisherige Untersuchungser­gebnis könnte nun vermuten lassen, daß bereits die Durchmesser­differenz $(d_0 - d_m)$ einen genügend hohen Weiserwert für eine quantitative Beurteilung der Eingriffsstärke, ausgedrückt durch das Vornutzungsprozent $VN\%$, besitzt. Eine nähere Betrachtung der Ergebnisse auf Abbildung 6 bis 8 ergibt jedoch, daß diese Annahme nicht zutrifft. So sind z. B. in mehreren Fällen die $(d_0 - d_m)$ -Werte jüngerer A-Grad-Flächen mit einem sehr niedrigen Vornutzungsprozent ebenso groß wie die $(d_0 - d_m)$ -Werte der zugeordneten älteren C-Grad-Flächen mit einem sehr hohen Vornutzungsprozent. Diese Feststellung wird durch Ab­bildung 9 bestätigt. Hier sind die Vor­nutzungsprozente unmittelbar zu den $(d_0 - d_m)$ -Werten in Beziehung gesetzt. Abbildung 9 zeigt: Eine aussagefähige Beziehung zwischen der Durchmesser­differenz und dem Vornutzungsprozent besteht nicht.

$VN\%$ kann für ein gegebenes $(d_0 - d_m)$ selbst innerhalb einer Flächenreihe nahezu alle vorkommenden Werte annehmen. Innerhalb einer Flächenreihe sind die $VN\%$ -Linien der drei Durchforstungsgrade i. d. R. deutlich voneinander getrennt. Auch bei der Zusammenfassung der jeweils ver­gleichbaren Durchforstungsgrade der sechs Flächenreihen (vgl. Abb. 9 unten) ist eine „Schichtung“ der $VN\%$ -Linien nach Eingriffsstärken erkennbar. Die $VN\%$ -Linien zeigen i. D. die Tendenz zu einem fast senkrechten, etwa parallel zur Ordinate orientierten Verlauf. Hierbei verlaufen die Linien größter Eingriffsstärken i. d. R. der Ordinate am nächsten.

5.14 Die Durchmesser­differenz ist somit nicht unmittel­bar zur Schätzung des Vornutzungsprozentes geeignet. Um sie zu einem brauchbaren Schätzelement zu entwickeln, bedarf es einer Erweiterung, z. B. durch Kombination mit einem anderen Ertrags­element. In der eingangs genannten

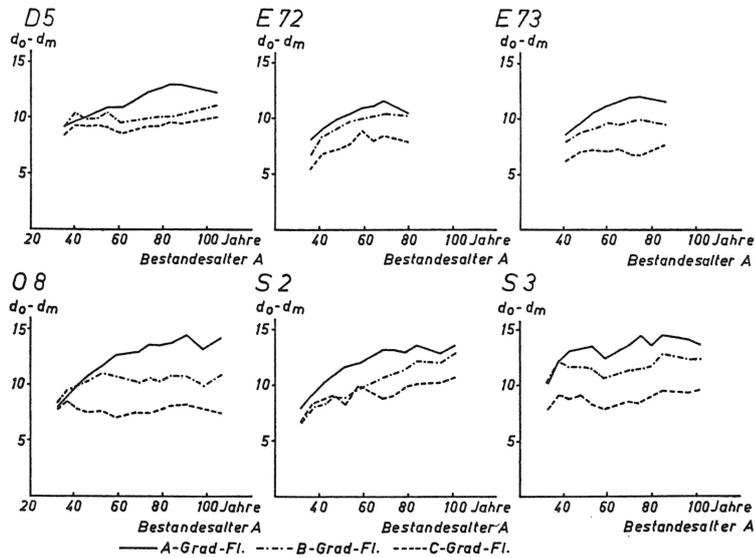


Abb. 6 a

Veränderung von $(d_0 - d_m)$ des verbleibenden Bestandes, dargestellt über dem Bestandesalter, Einzelflächen getrennt. (Versuchsflächen D 5, E 72, E 73, O 8, S 2, S 3.)

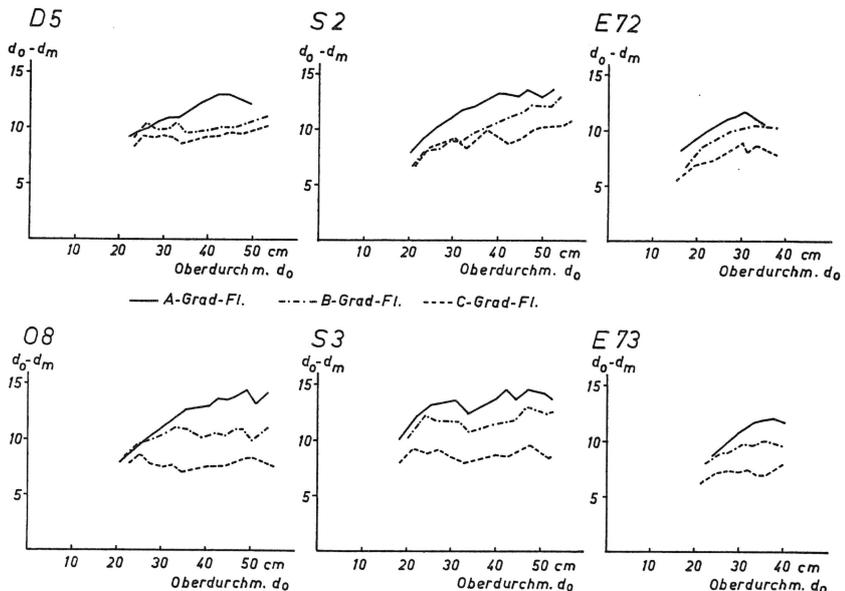


Abb. 6 b

Veränderung von $(d_0 - d_m)$ des verbleibenden Bestandes, dargestellt über dem Oberdurchmesser, Einzelflächen getrennt. (Versuchsflächen D 5, E 72, E 73, O 8, S 2, S 3.)

Untersuchung ASSMANN'S (1959 a) wurde hierfür eine Kom­bination mit dem Oberdurchmesser zu dem im Abschnitt 2.13 beschriebenen prozentischen Ausdruck $(d_0 - d_m)$ in Prozenten von d_0 :

$$\Delta d\% = \frac{100 (d_0 - d_m)}{d_0} \text{ (Durchmesser­differenzprozent)}$$

vorgeschlagen.

Auf Abbildung 10 ist die Beziehung zwischen dem Ober­durchmesser d_0 und dem Durchmesser­differenzprozent $\Delta d\%$ dargestellt. Sie ist, bedingt durch das in den Ordina­tenwerten erscheinende „Gewicht“ von d_0 , wesentlich gün­stiger gegliedert als die Beziehung von $(d_0 - d_m)$ zum Oberdurchmesser, wie sie auf Abbildungen 6 bis 8 zum Ausdruck kommt. Ebenso verhalten sich auch die Bezie­hungen der anderen eingangs genannten Ertrags­elemente zum Durchmesser­differenzprozent.

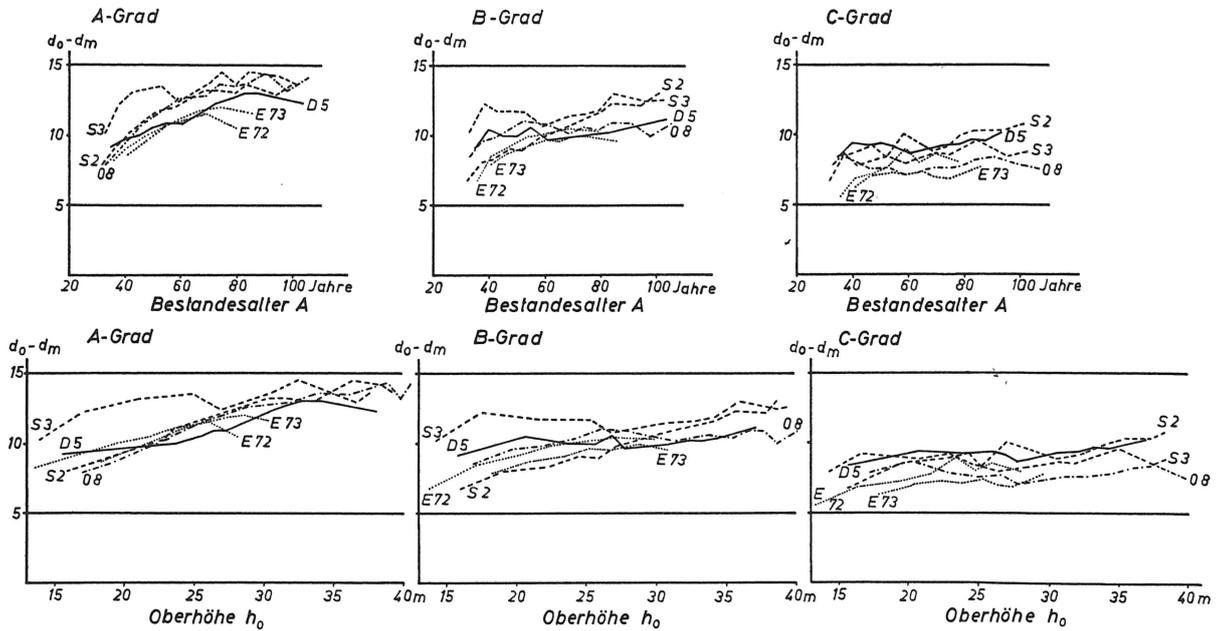


Abb. 7
 Veränderung von $(d_0 - d_m)$ des verbleibenden Bestandes, dargestellt über dem Bestandesalter und der Oberhöhe. Flächen nach Behandlungsgruppen zusammengefaßt.
 (Versuchsflächen D 5, E 72, E 73, O 8, S 2, S 3.)

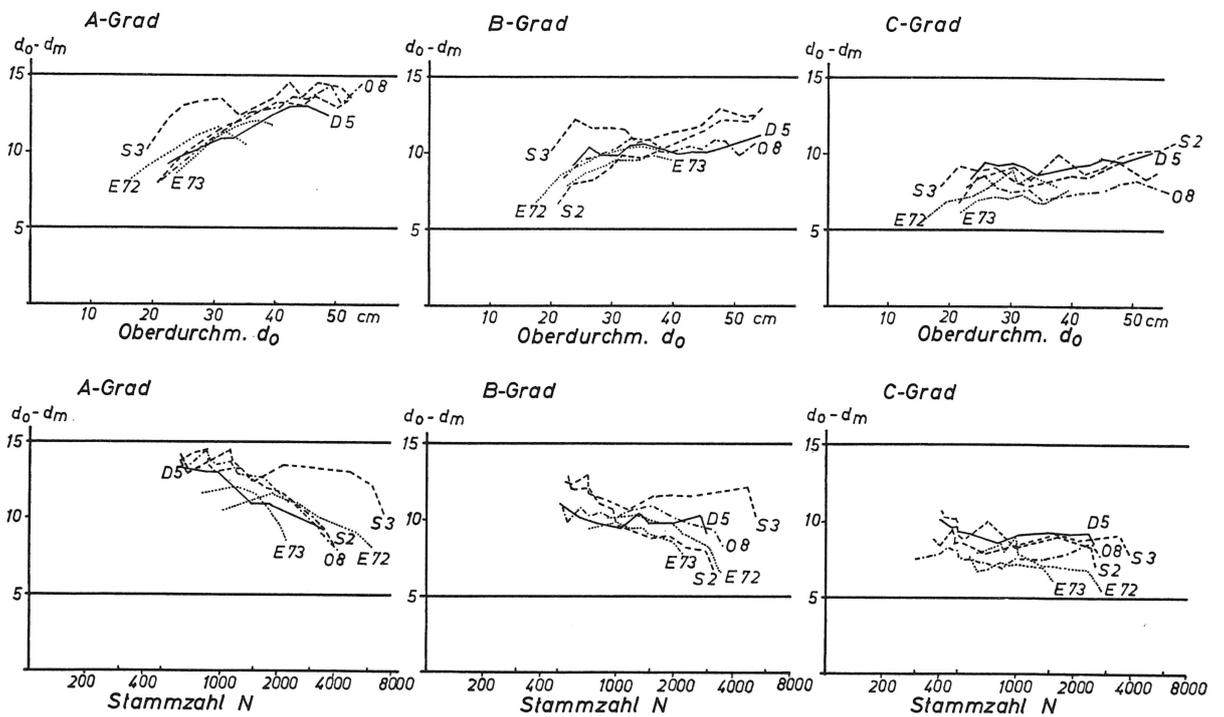


Abb. 8
 Veränderung von $(d_0 - d_m)$ des verbleibenden Bestandes, dargestellt über dem Oberdurchmesser und der Stammzahl (vgl. Bestand). Flächen nach Behandlungsgruppen zusammengefaßt.
 (Versuchsflächen D 5, E 72, E 73, O 8, S 2, S 3.)

5.2 Prüfung des Weiserwertes des Durchmesserdifferenzprozentes

5.21 Wie Abbildung 11 zeigt, ist der Weiserwert des Durchmesserdifferenzprozentes $\Delta d\%$ in der Tat ganz erheblich höher als der von $(d_0 - d_m)$ (vgl. Abb. 9). Zwischen dem Durchmesserdifferenzprozent und dem Vornutzungsprozent besteht bei der Mehrzahl der Einzelflächen eine sehr enge Beziehung. VN% fällt mit steigendem $\Delta d\%$.

5.22 Der Aussagewert der Beziehung $VN\% = f(\Delta d\%)$ wird im folgenden näher untersucht. Zu diesem Zweck wurden zunächst die VN%-Linien nach Flächenwerten (vgl. Abb. 11, ausgezogene Linien) durch einfache lineare Regressionen von der Form $VN\% = a + b \cdot \Delta d\%$ ausgeglichen.

In Tabelle 3 sind die wesentlichen biometrischen Kennwerte für die $\Delta d\% / VN\%$ -Beziehungen der 18 Einzelflä-

chen zusammengestellt. Auf Abbildung 11 sind die VN%-Ausgleichslinien den Kurvenläufen nach Flächenwerten gegenübergestellt (strichpunktierte Linien).

Der lineare Ausgleich soll lediglich die Grundtendenz der $\Delta d\%/VN\%$ -Beziehungen wiedergeben. Ein Teil der in Abbildung 11 dargestellten Kurvenverläufe ließe sich zweifellos durch andere Ausgleichsbeziehungen besser erfassen, z. B. durch Polynome oder durch log-Funktionen. Hierauf wird im Abschnitt 6.12 noch näher eingegangen. Unterschiedliche Ausgleichsbeziehungen würden jedoch einen Vergleich zwischen den Einzelregressionen erschweren, wie er in den Abschnitten 5.23 bis 5.28 vorgenommen wird.

5.23 Die $\Delta d\%/VN\%$ -Beziehungen zeigen, von wenigen Fällen abgesehen, eine hohe Bestimmtheit. Ihre Bestimmtheitsmaße B liegen allgemein zwischen 0.80 und 0.99. Lediglich für eine Fläche (Vfl. E 72 C) ergab die Existenzprüfung des Bestimmtheitsmaßes keine Signifikanz (vgl. Tab. 3, Spalten 7 und 8).

5.24 Die absoluten Unterschiede zwischen den Bestimmtheitsmaßen sind im allgemeinen gering und nicht signifikant (vgl. Tab. 4). Nur zu den B-Werten der Vfl. E 72 C und E 71 A (in einem Falle auch zwischen den B-Werten der Vfl-Reihe S 3) ergaben sich signifikante Differenzen. Auf die Gründe für das abweichende Verhalten des besonders niedrig liegenden

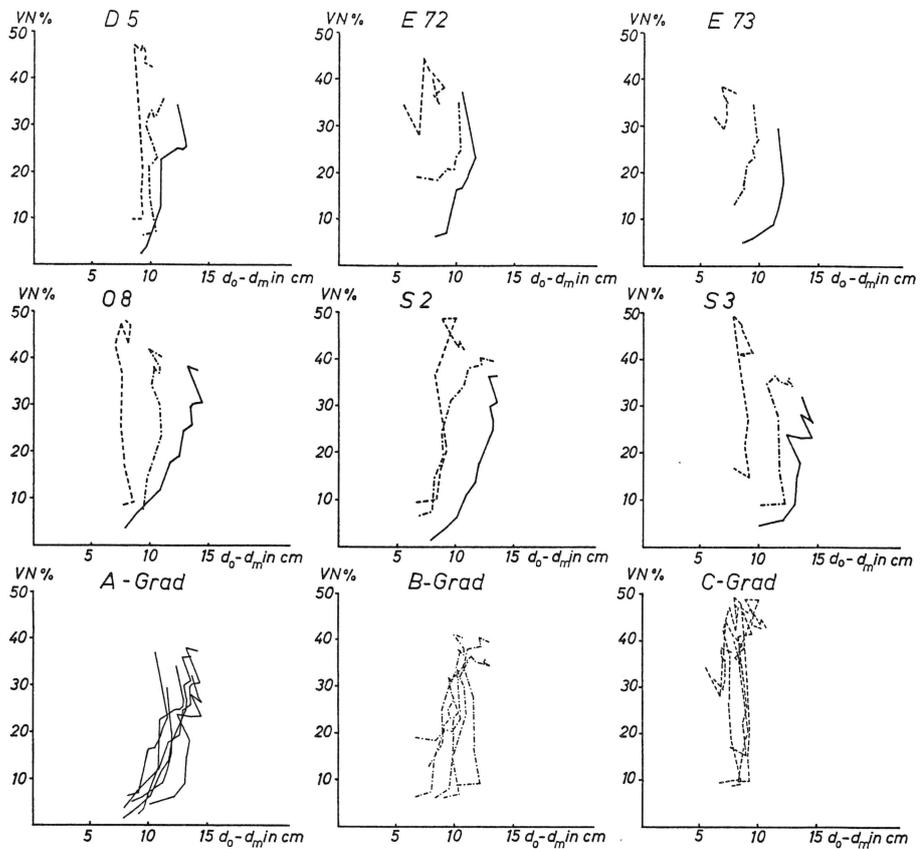


Abb. 9
Beziehung zwischen Durchmesserdiffferenz und Vornutzungsprozent für die sechs Versuchsflächenreihen D 5, E 72, E 73, O 8, S 2, S 3.

Oben und Mitte: Die einzelnen Versuchsflächenreihen.

— A-Grad-Flächen
- - - - - B-Grad-Flächen
· · · · · C-Grad-Flächen

Unten: Vergleichbare Durchforstungsgrade zusammengefaßt.

Tabelle 3
Zusammenstellung der wesentlichen biometrischen Kennwerte der Beziehung $\Delta d\%/VN\%$ für die Einzelflächen der Vfl-Reihen D 5, E 72, E 73, O 8, S 2, S 3

Vfl	Anz. d. Aufn. N	mittl. $\Delta d\%$ \bar{x}	mittl. VN% \bar{y}	Gleichungskoeff.		Bestimmtheitsmaß B	Korr. Koeff. r	Var. d. Abw. $s^2_{y\bar{y}}$	bed. Stand. abw. $s_{y\bar{y}}$	Abw. proz. $s^0\%$	
				a	b						
D 5	A	11	33.40	17.63	92.0726	-2.2289	0.9593	-0.98 ***	5.2008	2.281	12.9
	B	11	28.79	24.20	67.2568	-1.4955	.9580	-.98 ***	5.3689	2.317	9.6
	C	11	26.74	32.33	94.4975	-2.3253	.8991	-.95 ***	27.8094	5.273	16.3
E 72	A	8	41.21	18.22	84.9851	-1.6199	.9816	-.99 ***	2.0298	1.425	7.8
	B	8	34.50	23.26	62.3200	-1.1321	.8926	-.95 ***	3.4205	1.850	8.0
	C	8	28.95	37.26	50.0179	-0.4406	.1691	-.41 -	25.6812	5.068	13.6
E 73	A	8	33.96	12.88	118.5255	-3.1108	.9952	-.998 ***	0.3815	0.618	4.8
	B	8	29.95	23.51	74.6431	-1.7072	.9562	-.98 ***	2.2347	1.495	6.4
	C	8	23.58	34.46	52.5469	-0.7671	.8798	-.94 ***	1.4029	1.184	3.4
O 8	A	13	32.59	21.95	107.5955	-2.6279	.9592	-.98 ***	5.7856	2.405	11.0
	B	13	28.32	28.27	80.1345	-1.8317	.9582	-.98 ***	7.3721	2.715	9.6
	C	12	21.98	34.95	83.6738	-2.2164	.9689	-.98 ***	7.8880	2.809	8.0
S 2	A	12	33.26	20.01	103.2871	-2.5040	.9475	-.97 ***	8.9840	2.997	15.0
	B	12	27.92	27.81	130.6646	-3.6844	.9328	-.97 ***	12.1165	3.481	12.5
	C	12	24.98	34.26	94.6928	-2.4198	.7900	-.89 ***	54.1617	7.359	21.5
S 3	A	12	39.18	19.76	53.8797	-0.8710	.9741	-.99 ***	2.4074	1.552	7.9
	B	12	34.33	28.00	63.6380	-1.0380	.9478	-.97 ***	6.5117	2.552	9.1
	C	12	26.63	35.89	66.7277	-1.1578	.8241	-.91 ***	29.5399	5.435	15.1

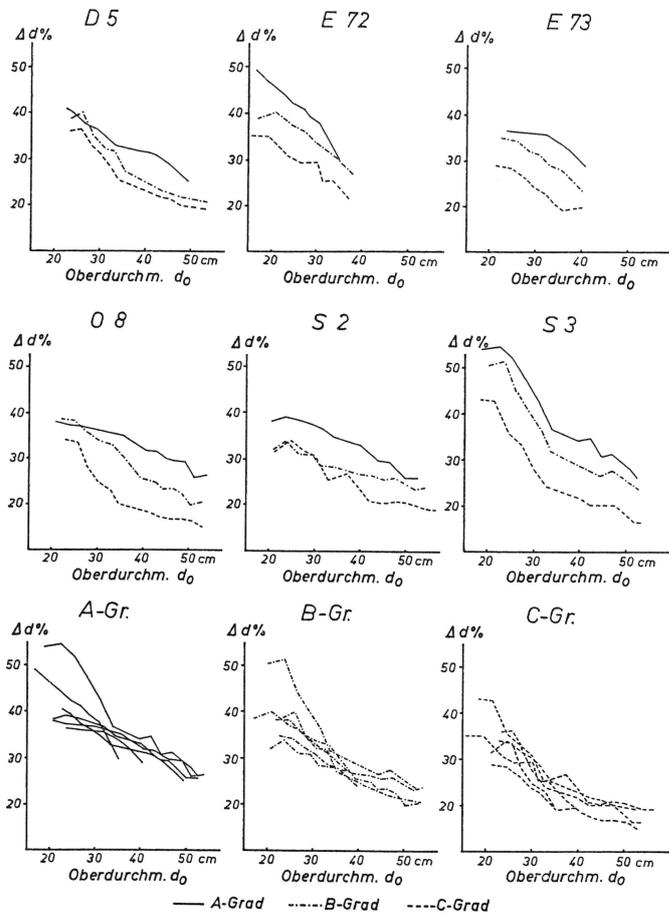


Abb. 10

Das Durchmesserdivergenzprozent in Abhängigkeit vom Oberdurchmesser (Versuchsflächen D 5, E 72, E 73, O 8, S 2, S 3).

— A-Grad-Flächen
 - - - - B-Grad-Flächen
 ····· C-Grad-Flächen

Unten: Zusammenfassung nach Behandlungsgruppen.

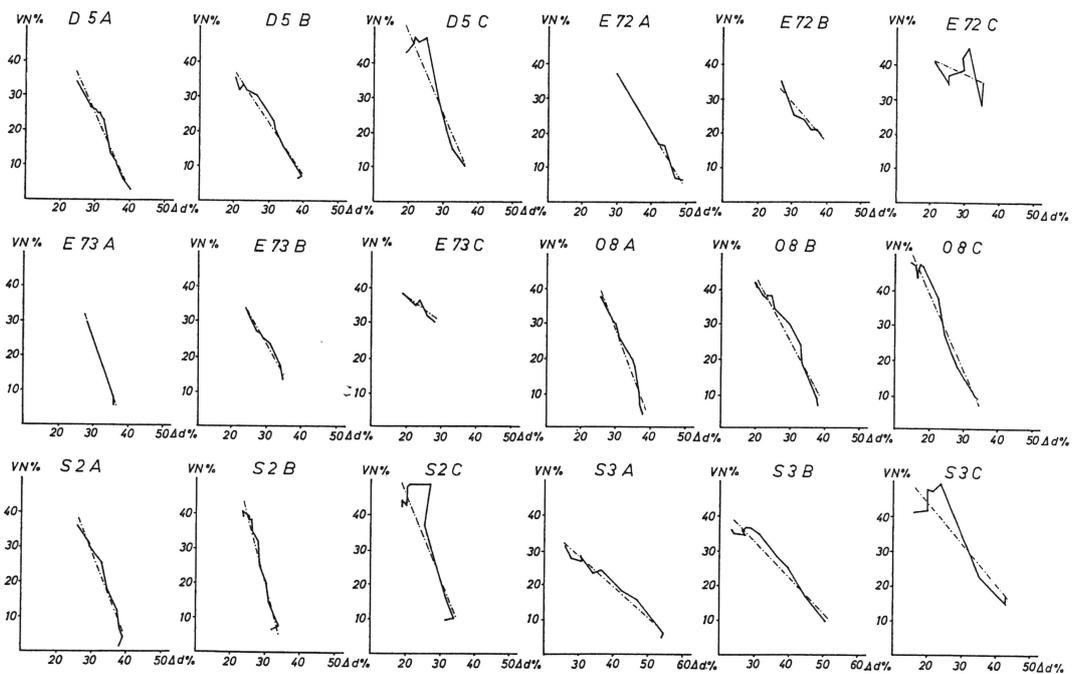


Abb. 11

Die Beziehungen zwischen dem Durchmesserdivergenzprozent $\Delta d\%$ und dem Vornutzungsprozent $VN\%$ (Versuchsflächen D 5, E 72, E 73, O 8, S 2, S 3.)

— Flächenwert, - - - - nach Ausgleich über eine einfache lineare Beziehung.

E 72 C-Wertes soll hier nicht näher eingegangen werden. Vergleichen wir die B-Werte der verschiedenen Durchforstungsgrade miteinander, so stellen wir fest, daß die Eingriffsstärke augenscheinlich nicht ohne Einfluß auf die Größe des B-Wertes und damit auf die Straffheit einer $\Delta d\% / VN\%$ -Beziehung ist. Innerhalb einer Durchforstungsreihe haben allgemein die A-Grad-Flächen die höchsten und die C-Grad-Flächen die kleinsten B-Werte. In fünf der sechs Flächenreihen konnte diese Abstufung der Bestimmtheiten vom A- und B- zum C-Grad ermittelt werden. Eine χ^2 -Prüfung (vgl. Tab. 5) ergab, daß die Staffelung der B-Werte nach Eingriffsstärken hochsignifikant ist. Dieser Befund besagt, daß der Weiserwert von $\Delta d\%$ augenscheinlich die Tendenz hat, mit zunehmender Eingriffsstärke abzunehmen. Da jedoch die absoluten B-Wert-Differenzen zwischen den Durchforstungsgraden i. d. R. nur gering sind, wie Tab. 3 und 4 zeigen, und auch bei den C-Grad-Flächen allgemein noch sehr hohe B-Werte ermittelt wurden (vgl. Tab. 3), ist — zumindest innerhalb eines breiten Rahmens — nicht anzunehmen, daß der Weiserwert von $\Delta d\%$ durch die Eingriffsstärke nennenswert beeinträchtigt wird.

5.25 Die bedingten Standardabweichungen s_{yY} und die entsprechenden prozentualen Größen $s_{yY}\%$, bezogen auf den arithmetisch mittleren Ordinatenwert \bar{y} ($= \bar{VN}\%$), sind allgemein gering. $s_{yY}\%$ liegt zwischen 3 und 22 (vgl. Tab. 3, Spalte 11).

5.26 Fassen wir die bisherigen Untersuchungsergebnisse an den 18 Einzelflächen zusammen:

1. Die Beziehungen zwischen dem Durchmesserdivergenzprozent und dem Vornutzungsprozent lassen sich für den Einzelflächen-Vergleich durch einen einfachen linearen Ausgleich einigermaßen zufriedenstellend erfassen.
2. Die linearen $\Delta d\% / VN\%$ -Bestimmtheiten sind allgemein hoch.
3. Die Straffheit der Beziehung nimmt (unter sonst vergleichbaren Bedingungen) augenscheinlich mit zunehmendem

Tabelle 4

Prüfung des Unterschiedes zwischen den Bestimmtheitsmaßen B für die Beziehung $\Delta d\%/VN\%$. Ergebnis des B-Wert-Vergleiches innerhalb der Flächenreihen und zwischen vergleichbaren Behandlungsgraden der Vfl-Reihen D 5, E 72, E 73, O 8, S 2, S 3

Vfl	Flächenreihe																	
	D5			E72			E73			O8			S2			S3		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
D5	A	—	—	—	—	—	—	—	—	+	—	—	—	—	—	—	—	—
	B	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	C	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
E72	A	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	B	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	C	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
E73	A	+	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	B	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	C	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
O8	A	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	B	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	C	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
S2	A	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	B	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	C	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
S3	A	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	+
	B	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	C	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

+ = signifikante Differenz m. P < 0.05
 ++ = hochsignifikante Differenz m. P < 0.01
 +++ = hochsignifikante Differenz m. P < 0.001

der Eingriffsstärke leicht ab. Ihr Weiserwert dürfte dadurch jedoch nicht nennenswert beeinträchtigt werden.

4. Die Streuung der Flächenwerte um die Ausgleichslinien ist vergleichsweise gering.

5. Der Weiserwert der flächentypischen $\Delta d\%/VN\%$ -Regression zur Schätzung der Vornutzungsprozente der Einzelflächen über deren zugeordnete Durchmesserdifferenzprozente ist mit wenigen Ausnahmen sehr hoch.

5.27 Nach den Ergebnissen der Abschnitte 5.21 bis 5.25 kann eine weitere wesentliche biometrische Voraussetzung für die Eignung des Durchmesserdifferenzprozentes zur Schätzung des Vornutzungsprozentes, nämlich sein hoher flächentypischer Weiserwert anhand flächentypischer Leitbeziehungen, als erfüllt gelten.

Die geschilderten Ergebnisse beziehen sich nur auf die jeweilige Einzelfläche. Hier soll jedoch nicht eine Vielzahl spezifischer, jeweils nur für den engen Rahmen einer Versuchsfläche gültiger Weisergrößen, sondern ein allgemeines, in größerem Rahmen anwendbares Schätzelement gewonnen werden. Die „Güte“ des Durchmesserdifferenzprozentes als allgemeines Schätzelement wird nach diesen

Vorstellungen also zu einem wesentlichen Teil durch seinen möglichen Anwendungsbereich innerhalb einer Leitbeziehung mitbestimmt. M. a. W.: Je größer die Variationsbreite der Ertragsselemente ist, innerhalb derer eine Schätzung des Vornutzungsprozentes nach einer gegebenen Leitbeziehung und bei vorgegebenem Schätzfehler möglich ist, umso höher ist das Differenzprozent als Schätzelement zu bewerten.

Standörtliche Voraussetzung hierfür ist, daß die Anzahl der einzubeziehenden Standorte möglichst groß, das standörtliche Spektrum, innerhalb dessen eine Leitbeziehung aussagefähig ist, möglichst breit ist.

Die ertragskundliche Bewertung wird in erster Linie von dem Prüfergebnis folgender Fragen abhängen:

1. Inwieweit lassen sich die $\Delta d\%/VN\%$ -Beziehungen der Einzelflächen zu einer gemeinsamen Schätzfunktion, eben zu einer Leitbeziehung, zusammenfassen?

2. Falls eine solche Zusammenfassung möglich ist: Wie hoch ist der Weiserwert der gemeinsamen Beziehung, insbesondere im Vergleich zu dem i. d. R. hohen Weiserwert der Einzelbeziehungen?

Tabelle 5

Prüfung der Verteilung der vergleichsweise höchsten, mittleren und niedrigsten B-Werte auf die Durchforstungsgrade

Df. Grad	absolute Häufigkeit f_j				Häufigkeit φ_j bei Unabhängigkeit				$d_j = f_j - \varphi_j$			d_j^2 / φ_j		
	der vergleichsweise			alle B-Werte	Häufigkeit φ_j bei Unabhängigkeit			alle B-Werte						
	höchst. B-Werte	mittl. B-Werte	niedr. B-Werte		höchste B-Werte	mittlere B-Werte	niedrig. B-Werte		alle B-Werte					
A	5	1	0	6	2	2	2	6	+3	-1	-2	4,5	0,5	2,0
B	0	5	1	6	2	2	2	6	-2	+3	-1	2,0	4,5	0,5
C	1	0	5	6	2	2	2	6	-1	-2	+3	0,5	2,0	4,5
A + B + C	6	6	6	18	6	6	6	18	0	0	0	7,0	7,0	7,0

$\chi^2_{err.} = 21.0^{***}$, $n = (N_1 - 1) \cdot (N_2 - 1)$; Prüfergebnis: Es besteht eine deutliche Tendenz in der Gliederung der B-Werte nach Df-Graden
 $\chi^2_{0,001} = 18.465$

5.28 Eine Zusammenfassung der Einzelregressionen zu einer gemeinsamen Beziehung setzt voraus, daß deren Koeffizienten, insbesondere die Regressionskoeffizienten b , keine wesentlichen Unterschiede aufweisen. Darum wurde zunächst geprüft, ob zwischen den Regressionskoeffizienten b der Einzelflächen (vgl. Tab. 3, Spalte 6) signifikante Differenzen bestehen. Wie Abbildung 12 zeigt, sind die Abweichungen im Kurvenverlauf selbst bei vergleichbarer Eingriffsstärke (Zusammenfassung nach Durchforstungsgraden) z. T. ganz erheblich. Diese Gegenüberstellung läßt erwarten, daß auch die Regressionskoeffizienten der Einzelregressionen sich wesentlich voneinander unterscheiden.

Tabelle 6 enthält die Ergebnisse der Übereinstimmungsprüfung der Regressionskoeffizienten. Geprüft wurden diese nach dem von LINDER (1960) vorgeschlagenen Rechengang. Hierbei zeigte sich:

1. Es bestehen wesentliche Unterschiede zwischen den Regressionskoeffizienten b der 18 Einzelflächen, die eine Zusammenfassung aller Flächenwerte zu einer gemeinsamen Beziehung ausschließen (vgl. Tab. 6 unten).

2. Auch bei Gruppierung nach vergleichbarer Eingriffsstärke bestehen echte Unterschiede zwischen den b -Werten der Einzelflächen: Sowohl innerhalb der A-Grad- als auch innerhalb der B-Grad- und C-Grad-Flächengruppe unterscheiden sich die b -Werte der Einzelflächen z. T. wesentlich voneinander. Damit würde bereits eine Zusammenfassung vergleichbarer Eingriffsstärken zu gemeinsa-

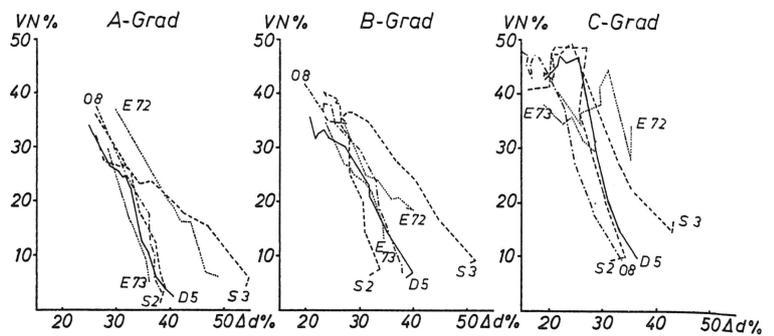


Abb. 12

Die Beziehungen zwischen dem Durchmesserdiffferenzprozent $\Delta d\%$ und dem Vornutzungsprozent $VN\%$.

Flächen vergleichbaren Durchforstungsgrades sind zusammengefaßt. (Versuchsflächen D 5, E 72, E 73, O 8, S 2, S 3.)

men Regressionen zu unbefriedigenden Ergebnissen führen. Jede der drei Gruppen von Regressionen in Tabelle 6 enthält biometrisch nicht übereinstimmende Einzelbeziehungen.

5.29 Während der spezifische flächentypische Weiserwert der einfachen $\Delta d\% / VN\%$ -Beziehung i. d. R. hoch ist, muß ihr allgemeiner Weiserwert als gering angesehen werden. Eine Zusammenfassung mehrerer Flächen zu einer gemeinsamen Beziehung ist nach den Ergebnissen des Abschnitts 5.28 augenscheinlich nur nach sehr spezieller Vorsortierung der in Betracht kommenden Flächenwerte möglich.¹⁾ Hier-

¹⁾ Orientierende graphische Darstellungen veranlaßten ASSMANN (1959 a) bereits zum Aufstellen von zwei verschiedenen Schätztafeln nach diesem Verfahren.

Tabelle 6
Ergebnis der Übereinstimmungsprüfung der 18 Einzelregressionen $\Delta d\% / VN\%$

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Vfl-Nr.	N	S_{xx}	S_{xy}	b	S_{yy}	n_1	$b \cdot S_{xy}$	$S_{yy} - b \cdot S_{xy}$	n_2	DQ
D 5 A	11	222.14	— 495.12	—2.2289	1150.38	10	1103.57	46.81	9	
E 72 A	8	247.09	— 400.26	—1.6199	660.56	7	648.38	12.18	6	
E 73 A	8	48.54	— 151.00	—3.1108	472.02	7	469.73	2.29	6	
O 8 A	13	216.85	— 569.85	—2.6279	1561.15	12	1497.51	63.64	11	
S 2 A	12	258.55	— 647.40	—2.5040	1710.93	11	1621.09	89.84	10	
S 3 A	12	1191.16	—1037.47	—0.8710	927.71	11	903.64	24.07	10	
insgesamt	64	2184.33	—3301.10	—1.5113	6482.75	58	4988.95	1493.80	57	—
								238.83	52	4.59
								1254.97	5	250.99
								F =		54.68***
D 5 B	11	492.65	— 736.77	—1.4955	1150.16	10	1101.84	48.32	9	
E 72 B	8	133.04	— 150.62	—1.1321	191.04	7	170.52	20.52	6	
E 73 B	8	100.46	— 171.51	—1.7072	306.21	7	292.80	13.41	6	
O 8 B	13	553.62	—1014.04	—1.8317	1938.51	12	1857.42	81.09	11	
S 2 B	12	123.80	— 456.13	—3.6844	1801.73	11	1680.57	121.16	10	
S 3 B	12	1096.27	—1137.98	—1.0380	1246.34	11	1181.22	65.12	10	
insgesamt	64	2499.84	—3667.05	—1.4669	6633.99	58	5379.20	1254.79	57	—
								349.62	52	6.72
								905.17	5	181.03
								F =		26.94***
D 5 C	11	412.47	— 959.10	—2.3253	2480.48	10	2230.20	250.28	9	
E 72 C	8	161.52	— 71.16	—0.4406	185.44	7	31.35	154.09	6	
E 73 C	8	104.66	— 80.28	—0.7671	70.00	7	61.58	8.42	6	
O 8 C	12	501.04	—1110.49	—2.2164	2540.17	11	2461.29	78.88	10	
S 2 C	12	347.90	— 841.86	—2.4198	2578.75	11	2037.13	541.62	10	
S 3 C	12	1032.17	—1195.00	—1.1578	1678.97	11	1383.57	295.40	10	
insgesamt	63	2559.76	—4257.89	—1.6634	9533.81	57	7082.57	2451.24	56	—
								1328.69	51	26.05
								1122.55	5	224.51
								F =		8.62***
alle Flächen 191 _{zus. gefaßt}		7243.93	—11226.04	—1.5497	22650.55	173	17396.99	5253.56	172	—
								1917.14	155	12.37
								3336.42	17	196.26
								F =		15.87***

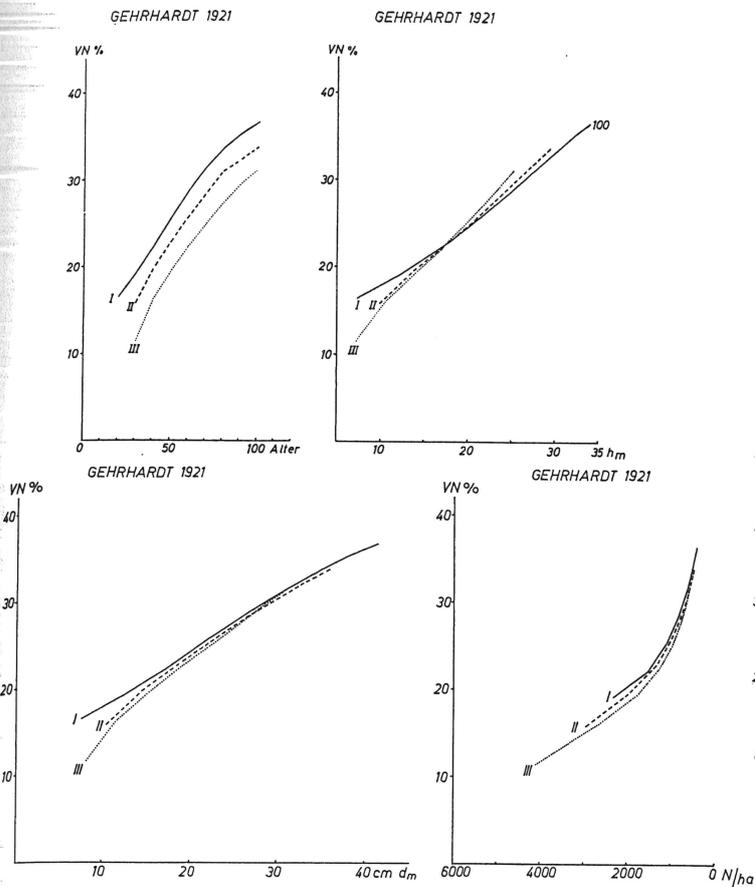


Abb. 13

Fi-Ertragstafel Gehrhardt 1921, I. bis III. Bon.

Beziehungen zwischen Alter, Mittelhöhe, Mitteldurchmesser, Stammzahl (vbl. Best.) und dem Vornutzungsprozent.

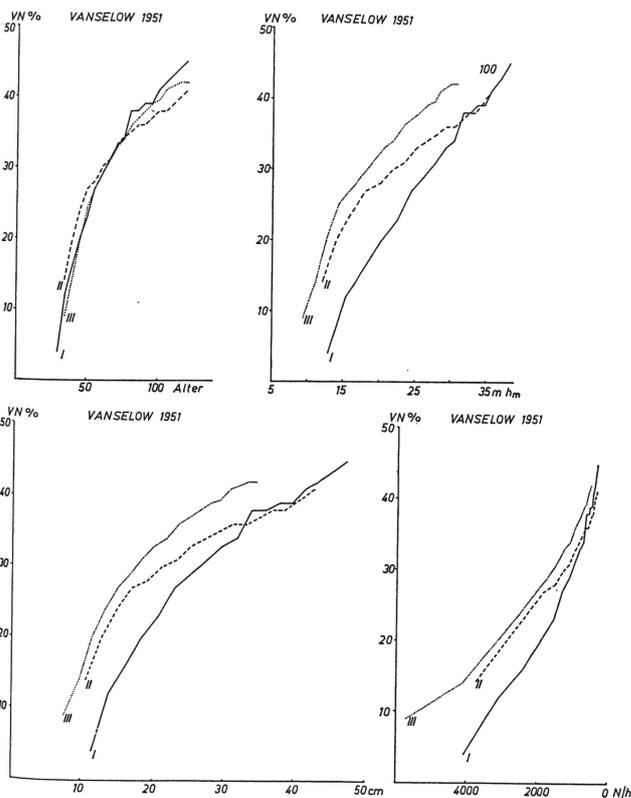


Abb. 14

Fi-Ertragstafel Vanselow 1951, I. bis III. Bon.

Beziehungen zwischen Alter, Mittelhöhe, Mitteldurchmesser, Stammzahl (vbl. Best.) und dem Vornutzungsprozent.

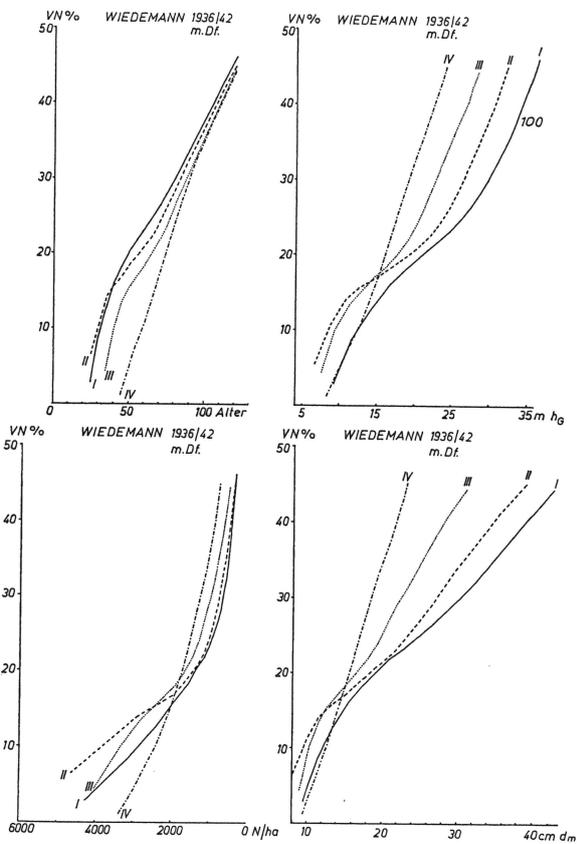


Abb. 15

Fi-Ertragstafel Wiedemann 1936/42, m. Df., I. bis IV. Bon.

Beziehungen zwischen Alter, Mittelhöhe, Mitteldurchmesser, Stammzahl (vbl. Best.) um den Vornutzungsprozent.

bei ist anzunehmen, daß nur solche Flächen zu einer Untersuchungseinheit zusammengefaßt werden können, die in den wesentlichen Ertrags-elementen, z. B. der Oberhöhe, der Stammzahl- oder Grundflächenhaltung und im Oberdurchmesser bei gegebenem Alter miteinander übereinstimmen. M. a. W.: Eine Zusammenfassung zu einer gemeinsamen $\Delta d\% / VN\%$ -Beziehung ist wahrscheinlich nur möglich, wenn ein annähernd gleiches primäres Einflußmoment vorgegeben ist, wie es im Abschnitt 5.11 beschrieben wurde.

KRENN hat in seiner aufschlußreichen Untersuchung der Durchforstungskriterien der Fichte (1946 a) die Zusammenhänge zwischen den wesentlichen Ertrags-elementen und dem Vornutzungsprozent herausgearbeitet. Er stellte u. a. fest, daß die Vornutzungsprozente erst in Beziehung mit der Höhenbonität und dem Bestandesalter für eine bestimmte Durchforstungsintensität charakteristisch sind. Das Alter hat ein durchwegs hohes Bestimmungsgewicht für das Vornutzungsprozent. Demgegenüber tritt der Einfluß der Höhenbonität zurück.

5.3 Der Trennwertcharakter des primären Einflußmoments

Im folgenden soll untersucht werden, inwieweit die Beziehung zwischen dem Durchmesser-differenzprozent und dem Vornutzungsprozent durch „verdeckte Beziehungen“ mitbestimmt wird, deren Elemente in der einfachen $\Delta d\% / VN\%$ -Regression nicht als Variable enthalten sind. Als „verdeckte Variable“ kommen hierbei im wesentlichen die bereits erwähnten Ertrags-elemente in Betracht. Je mehr sie sich auf den einzelnen Flächen unterscheiden, um so stärker werden nach der obigen Annahme auch deren $\Delta d\% / VN\%$ -Regressionen voneinander abweichen. Da nur

in seltenen Fällen etwa die Höhen-, Durchmesser- und Stammzahlentwicklungen mehrerer Flächen miteinander übereinstimmen, wäre auch leicht zu erklären, warum der Versuch, ihre VN%-Werte allein aus dem $\Delta d\%$ herzuleiten, zu keinem befriedigenden Ergebnis geführt hat.

5.32 Die Zahl der „verdeckten Variablen“, die mit VN% (und mit $\Delta d\%$) korreliert sind und bei gegebenem $\Delta d\%$ die Größe von VN% variieren können, ist vermutlich recht groß. Wir wollen uns hier jedoch auf die wesentlichen und zugleich leicht erfassbaren beschränken. Es ist anzunehmen, daß damit der Trennwert des primären Einflussmoments bereits hinreichend sicher erfaßt werden kann. Eine weiter einschränkende Auswahl wurde dadurch getroffen, daß lediglich solche Befundgrößen herangezogen wurden, die bei einmaliger Aufnahme unmittelbar erhoben oder aus dem Aufnahmematerial unschwer hergeleitet werden können.

Nach eingehender Prüfung aller hier in Betracht kommenden Meßgrößen wurden folgende Ertrags-elemente ausgewählt:

- das Bestandesalter
- Ober- bzw. Mittelhöhe
- Ober- bzw. Mitteldurchmesser
- und die Bestandesstammzahl.

Die Beziehungen dieser Größen zum Vornutzungsprozent, einmal nach den Fichten-Ertragstafeln von GEHRHARDT (1921), VANSELOW (1951) und WIEDEMANN (1936/42, m. Df.), I. bis III. (bzw. I. bis IV.) Bon., und zum anderen nach den Flächenwerten der sechs Versuchsreihen D 5, E 72, E 73, O 8, S 2 und S 3 sind auf den Abbildungen 13 bis 17 dargestellt. Hierbei wurden, wie bereits in den voran-

gegangenen Untersuchungsabschnitten, die einzelnen Versuchsflächen entsprechend ihrer Behandlung zu drei Flächengruppen zusammengefaßt. Die Abbildungen 13 bis 17 lassen eine im einzelnen unterschiedliche Beziehung des Vornutzungsprozentes zu den vier Ertragselementen erkennen. Die Beziehungen sind z. T. gegenläufig: So steigt das Vornutzungsprozent erwartungsgemäß mit steigendem Alter und damit auch mit der Höhe und dem Durchmesser, die als wachsende Alterserwartungswerte mit dem Alter positiv korreliert sind. Dagegen sinkt VN% mit steigender Stammzahl entsprechend deren negativer Alterskorrelation. Sowohl die drei Ertragstafeln als auch die drei Flächengruppen unterscheiden sich in ihren Kurvenläufen z. T. wesentlich voneinander. Auch zwischen den Flächenwerten einerseits und den Tafelwerten andererseits be-

stehen in einigen Fällen erhebliche Abweichungen. Die Unterschiede zwischen den Tafeln spiegeln die unterschiedlichen Auffassungen der Tafelautoren über die Altersentwicklung des Vornutzungsprozentes in den einzelnen Bonitäten und damit über Rhythmus und Ausmaß der Durchforstungseingriffe wieder. So verlaufen z. B. die VN%-Kurven nach der Tafel WIEDEMANN über den höheren Abszissenwerten verhältnismäßig steil.

Die maßgeblichen Zusammenhänge sind zweifellos in der Tafel von GEHRHARDT in einer der natürlichen Wirklichkeit am wahrscheinlichsten entsprechenden Weise berücksichtigt. Das VN% darf hier in erster Linie als Funktion von h_m bzw. d_m betrachtet werden. Damit erscheint die Bonitätsstufelung der VN%-Kurven über dem Alter in Abb. 13 (oben links) am plausibelsten. Demgegenüber erscheinen die VN%-Verläufe und insbesondere ihre Bonitätsstufelung nach den beiden

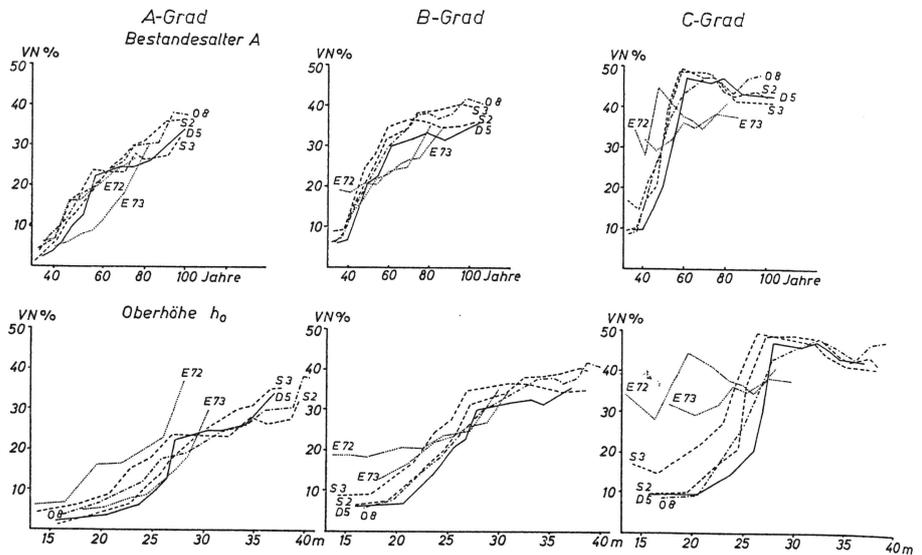


Abb. 16
Die Beziehungen zwischen dem Bestandesalter, der Oberhöhe und dem Vornutzungsprozent nach Flächenwerten. Zusammenfassung nach Behandlungsgruppen.

(Versuchsflächen D 5, E 72, E 73, O 8, S 2, S 3.)

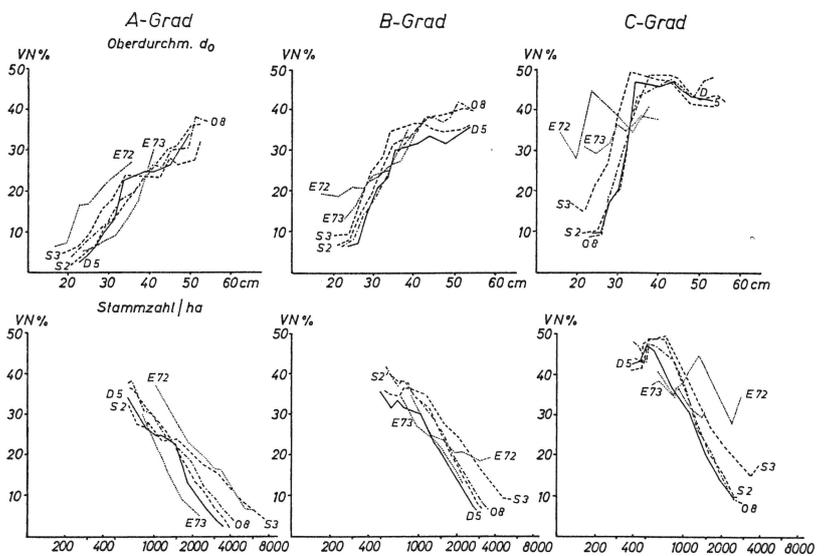


Abb. 17
Die Beziehungen zwischen dem Oberdurchmesser, der Stammzahl/ha (verbleibender Bestand) und dem Vornutzungsprozent nach Flächenwerten. Zusammenfassung nach Behandlungsgruppen.

(Versuchsflächen D 5, E 72, E 73, O 8, S 2, S 3.)

Tabelle 7

Zusammenstellung der wesentlichen biometrischen Kennwerte der Beziehungen zwischen den Ertrags-
elementen A, h_o , d_o und N und dem Vornutzungsprozent VN% für die Flächengruppen A, B und C
(alle Größen log-transformiert)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Untersuchte Beziehungen	Flächen- gruppe	Wertepaar. N	\bar{x}	[VN%] \bar{y}	Gleichungskoeff.		Best. maß B	Korr. koeff. r	s^2_{yY} (log)
					a	b			
A/VN%	A	64	1.78165	1.17831	-2.49861	2.06377	0.8381	0.92***	0,01781
	B	64	1.78165	1.36930	-1.15002	1.41404	0.7958	0.89***	,1117
	C	63	1.75000	1.49881	-0.58696	1.19187	0.6220	0.79***	,1815
h_o /VN%	A	64	1.42067	1.17831	-2.25153	2.41424	0.7862	0.89***	,2353
	B	64	1.42599	1.36930	-1.05748	1.70182	0.7616	0.87***	,1298
	C	63	1.39408	1.49881	-0.28878	1.28227	0.4828	0.69***	,2484
d_o /VN%	A	64	1.52312	1.17831	-2.15182	2.18639	0.7436	0.86***	,2822
	B	64	1.53350	1.36930	-1.01522	1.55495	0.7098	0.84***	,1580
	C	63	1.50529	1.49881	-0.10792	1.06739	0.4330	0.66***	,2723
N/VN%	A	64	3.22910	1.17831	4.30347	-0.96781	0.6919	-0.83***	,3392
	B	64	3.10491	1.36930	3.72000	-0.75709	0.7872	-0.89***	,1158
	C	63	2.92383	1.49881	3.33053	-0.62648	0.6984	-0.84***	,1448

Tabelle 8

Zusammenstellung der wesentlichen biometrischen Kennwerte der Beziehungen zwischen den Ertrags-
elementen A, h_o , d_o und N und dem Durchmesserdiffenzprozent $\Delta d\%$ für die Flächengruppen A, B und C
(alle Größen log-transformiert)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Untersucht. Beziehung	Fläch- gruppe	Werte- paare	\bar{x}	[$\Delta d\%$] \bar{y}	Gleichungskoeff.		Best. maß B	Korr. koeff. r	s^2_{yY} (log)
					a	b			
A/ $\Delta d\%$	A	64	1.78165	1.54102	2.36350	-0.46164	0.7282	-0.85***	0,001722
	B	64	1.78165	1.47295	2.50353	-0.57844	0.7976	-0.89***	,1839
	C	63	1.75000	1.36746	2.64328	-0.72904	0.8432	-0.92***	,2078
h_o / $\Delta d\%$	A	64	1.42067	1.54102	2.34957	-0.56913	0.7587	-0.87***	,1529
	B	64	1.42599	1.47295	2.48266	-0.70808	0.7898	-0.89***	,1910
	C	63	1.39408	1.36746	2.58890	-0.87616	0.8166	-0.90***	,2430
d_o / $\Delta d\%$	A	64	1.52312	1.54102	2.36681	-0.54217	0.7940	-0.89***	,1306
	B	64	1.53350	1.47295	2.50544	-0.67329	0.7971	-0.89***	,1843
	C	63	1.50529	1.36746	2.52935	-0.77187	0.8203	-0.91***	,2382
N/ $\Delta d\%$	A	64	3.22910	1.54102	0.68479	0.26516	0.9020	0.95***	,621
	B	64	3.10491	1.47295	0.45417	0.32812	0.8856	0.94***	,1039
	C	63	2.92383	1.36746	0.28137	0.37146	0.8896	0.94***	,1463

anderen Tafeln z. T. recht unwahrscheinlich und sachlich kaum begründbar.

In Tabelle 7 sind die wesentlichen biometrischen Beziehungen der vier Ertrags-
elemente zum Vornutzungsprozent für die drei Behandlungsgruppen nach Abbildung 16 und 17 zusammengefaßt.

Auf die Abhängigkeit der Durchmesserdiffenz und des Durchmesserdiffenzprozent von den vier Ertrags-
elementen wurde bereits hingewiesen (vgl. Abschnitte 5.11 und 5.14). Die wesentlichen biometrischen Kennwerte ihrer Beziehung zum Durchmesserdiffenzprozent enthält Tabelle 8.

5.33 Die vier Ertrags-
elemente stehen somit nicht nur miteinander sondern auch zu VN% und $\Delta d\%$ in z. T. enger Wechselbeziehung. In der $\Delta d\%$ / VN%-Beziehung sind sie als „verdeckte Variable“ enthalten. Um den Weiserwert von $\Delta d\%$ zur Schätzung von VN% hinreichend sicher beurteilen zu können, ist es erforderlich, zuvor den Einfluß der vier Ertrags-
elemente zu erfassen. Dies ist am einfachsten

dadurch zu erreichen, daß sie in die einfache flächentypische Schätzfunktion $VN\% = f(\Delta d\%)$ als zusätzliche Variable einbezogen werden: $VN\% = F(A, h_o, d_o, N, \Delta d\%)$.

Ausgehend von den obigen Vorstellungen läßt sich diese multiple statistische Funktion in zwei Teilbeziehungen gliedern:

1. eine (primäre) Grundbeziehung, die die Abhängigkeit des Vornutzungsprozent vom primären Einflußmoment — hier repräsentiert durch die Ertrags-
elemente Bestand-
esalter (A), Oberhöhe (h_o), Oberdurchmesser (d_o) und Stammzahl/ha (N) — wiedergibt und

2. eine (sekundäre) Trennbeziehung, die den Einfluß des $\Delta d\%$ auf VN% bei gegebenem primärem Einflußmoment ausdrückt. Sie ist die eigentliche Weiserbeziehung zur Schätzung des Vornutzungsprozent.

Wie im Abschnitt 5.12 bereits erwähnt, wurde die in enger Wechselbeziehung zum sekundären Trennwert $\Delta d\%$ stehende Stammzahl N grundsätzlich der primären Grundbeziehung zugeordnet.

(Fortsetzung folgt)

Durchmesserdifferenzprozent und Vornutzungsprozent

Ein neues Verfahren zur Herleitung der Gesamtwuchsleistung von Fichtenbeständen aus einmalig erhobenen Bestandeskennwerten

(Aus dem Institut für Ertragskunde der Forstlichen Forschungsanstalt München)

Von F. FRANZ

2. Teil

6. Multiple Schätzfunktionen und gemeinsame Leitbeziehung

6.1 Herleitung

6.11 Die multiple statistische Beziehung

$$VN\% = F(A, h_o, d_o, N, \Delta d\%) \quad (1)$$

enthält Ausgangsbeziehungen folgender Größen:

$A/VN\%$	$A/\Delta d\%$	A/N	A/d_o	A/h_o
$h_o/VN\%$	$h_o/\Delta d\%$	h_o/N	h_o/d_o	
$d_o/VN\%$	$d_o/\Delta d\%$	d_o/N		
$N/VN\%$	$N/\Delta d\%$			
$\Delta d\%/VN\%$				

Die einfachen Regressionen zwischen diesen Variablen sind — sehen wir einmal von der Beziehung $\Delta d\%/VN\%$ ab — allgemein nicht linear; sie stellen sich vielmehr in unterschiedlichen, von der Linearität mehr oder minder stark abweichenden Kurvenläufen dar. Da auch die jeweiligen partiellen Beziehungen zweier Größen bei Konstanzhaltung aller übrigen i. d. R. nicht linear sind, würde ihre Zusammenfassung in einer multiplen linearen Regression zu unbefriedigenden Ergebnissen führen. Daher wurde versucht, eine besser geeignete Ausgleichsbeziehung zu finden, die zugleich ohne allzugroßen rechentechnischen Aufwand herzuleiten ist. Eine vergleichende Untersuchung mehrerer in Betracht gezogener Funktionen ergab, daß eine multiple Potenzfunktion die gegebenen Bedingungen zufriedenstellend erfaßt.

Da alle Rechnungen noch mit Tischrechenmaschinen durchgeführt wurden, war es wichtig, den ohnehin schon umfangreichen Rechenaufwand soweit als möglich zu begrenzen. Es wäre sicherlich biometrisch sinnvoll gewesen, neben den Ausgangsvariablen in Gleichung (1) von vornherein deren wichtigste quadratische und kovariante Sekundärvariable miteinzubeziehen. Dies hätte jedoch eine enorme Vergrößerung des Rechenaufwandes bedeutet. Gleichungen dieses Umfanges können mit elektronischen Rechenautomaten in einem Bruchteil der manuellen Rechenzeit ohne Schwierigkeiten gelöst werden (vgl. hierzu PRODAN 1961). Nachdem nunmehr die erforderlichen Rechenprogramme für besonders geeignete Rechenautomaten (z. B. IBM 1620) auch als Standardprogramme zugänglich sind, ist das Münchner Institut für Ertragskunde dazu übergegangen, umfangreichere regressions- und varianzanalytische Rechenoperationen mit Hilfe elektronischer Rechenanlagen auszuführen.

6.12 Die einfache Potenzfunktion

$$y = a \cdot x^b \quad (2)$$

ist nach logarithmischer Transformation linear in $\log x / \log y$:

$$\log y = \log a + b \cdot \log x \quad (3)$$

Gleichung 3 bildete die Ausgangsbeziehung für die Herleitung der gesuchten mehrfachen Schätzfunktion. Die Berechnung der Gleichungskoeffizienten wurde hierbei zunächst für die drei Durchforstungsgrade der sechs Versuchsreihen in Tabelle 1 getrennt durchgeführt.

Bei Zusammenfassung der Einzelflächen vergleichbaren Durchforstungsgrades zu Gruppen ähnlicher Eingriffsstärke läßt sich auch die Teilbeziehung $\Delta d\%/VN\%$ (Abb. 12) durch eine doppelt-logarithmische Gleichung von der

o. g. Form befriedigend wiedergeben (vgl. Tab. 9). Sie kann damit unmittelbar in die multiple doppelt-logarithmische Schätzfunktion einbezogen werden. Hierbei wird vorausgesetzt, daß bei Konstanzhaltung der vier Variablen A, h_o , d_o und N die partiellen ($\Delta d\%/VN\%$)-Beziehungen der Einzelflächen keine echten Unterschiede zeigen.

Diese Annahme wird durch die Untersuchungsergebnisse in Abschnitt 6.15 bestätigt. Während nämlich die Regressionskoeffizienten der einfachen $\Delta d\%/VN\%$ -Flächenbeziehungen signifikant verschieden sind (vgl. Abschnitt 5.28), stimmen die b-Werte der partiellen ($\Delta d\%/VN\%$)-Beziehungen bei Konstanzhaltung der vier Variablen A, h_o , d_o , und N statistisch miteinander überein, worauf in den folgenden Abschnitten noch näher einzugehen ist (vgl. Abschnitt 6.15). Die obige Zusammenfassung der einfachen $\Delta d\%$ - und $VN\%$ -Werte nach Behandlungsgraden dient hier zunächst lediglich der Linearitätsprüfung im doppelt-logarithmischen Koordinatensystem (vgl. Tab. 9). Durch sie soll festgestellt werden, ob die $VN\%$ - und $\Delta d\%$ -Werte in gleicher Form wie die anderen vier Meßgrößen in die multiple Schätzfunktion einbezogen werden können.

6.13 Nach Einbeziehung aller im Abschnitt 6.11 aufgezählter Variablen lautet die Schätzbeziehung

$$\log VN\% = \log a + b_1 \cdot \log A + b_2 \cdot \log h_o + b_3 \cdot \log d_o + b_4 \cdot \log N + b_5 \cdot \log \Delta d\% \quad (4)$$

Die Regressionskoeffizienten für die Gleichung (4) wurden nach LINDERS Vorschlag für ein Berechnungsschema für Mehrfachregressionen (1960, S. 196—206) bestimmt.

Das Rechenschema ist für Untersuchungen wie die vorliegende ganz vorzüglich geeignet. Es ist leicht zu handhaben und ermöglicht auf einfache Weise eine Kontrolle der einzelnen Rechengänge. Ein weiterer großer Vorzug dieses Schemas besteht darin, daß es unmittelbar die Summen der Quadrate für die Streuungszерlegung auswirft, die für die Prüfung des partiellen Informationswertes der einzelnen Variablen erforderlich sind. Die für viele speziellen Rechengänge wesentlichen Multiplikatoren lassen sich verhältnismäßig einfach über eine Erweiterung des Schemas gewinnen.

6.14 Um die unabhängigen Variablen in dem Rechenschema so günstig wie möglich anordnen zu können, wurde zunächst versucht, ihre mutmaßliche Wichtigkeit (LINDER 1960) einzuschätzen. LINDER schlägt hierfür die Orientierungsgröße

$$S^2_{xy}/S_{xx} = B \cdot S_{yy} = b \cdot S_{xy} \quad (5)$$

vor und empfiehlt, die mutmaßlich wichtigeren Variablen an die ersten und die wahrscheinlich weniger wichtigen an die letzten Stellen zu nehmen.

Die Orientierungsgrößen für alle drei Behandlungsgruppen sind in Tabelle 10 zusammengefaßt. Bei ihrer Beurteilung ist zu berücksichtigen, daß zwischen den fünf unabhängigen Variablen unterschiedlich straffe Beziehungen bestehen, die den Aussagewert der Orientierungsgröße beeinträchtigen. Eine zufriedenstellende Information wird weiterhin dadurch erschwert, daß, wie Tabelle 10 zeigt, die Rangfolge mutmaßlicher Wichtigkeit in den drei Behandlungsgruppen unterschiedlich ist.

Es wäre nun naheliegend, die unabhängigen Variablen in den drei Behandlungsgruppen entsprechend ihrer unterschiedlichen Rangfolge nach den Testergebnissen in Ta-

Tabelle 9
Prüfung der Linearität der Beziehung $\log \Delta d\% / \log VN\%$ für die Flächengruppen A, B und C sowie für alle Eingriffsstärken zusammengefaßt (S).

Flächengruppe	Streuung	FG	SQ	DQ	F _{err.}	F _{Tab.} für P=	Sign.
A	auf der Regression	1	3.2357	—	2.97	2.37	*
	Durchschn. u. d. Repr.	5	0.7409	0.1482			
	zwischen den Durchschn.	6	3.9766	—			
	Einzelwerte innerhalb	57	2.8481	0.04997			
	Insgesamt	63	6.8247	—			lediglich geringe Abweichung v. d. Linearität
B	auf der Regression	1	2.0296	—	0.91	2.25	—
	Durchschn. u. d. Repr.	6	0.1192	0.0199			
	zwischen den Durchschn.	7	2.1488	—			
	Einzelwerte innerhalb	56	1.2258	0.0219			
	Insgesamt	63	3.3746	—			
C	auf der Regression	1	1.6137	—	2.39	2.52	—
	Durchschn. u. d. Repr.	4	0.1897	0.0474			
	zwischen den Durchschn.	5	1.8034	—			
	Einzelwerte innerhalb	57	1.1258	0.0198			
	Insgesamt	62	2.9202	—			
S alle Flächen- gruppen zusammen- gefaßt	auf der Regression	1	9.5073	—	2.04	2.09	—
	Durchschn. u. d. Repr.	6	0.4346	0.0724			
	zwischen den Durchschn.	7	9.9419	—			
	Einzelwerte innerhalb	183	6.4914	0.0355			
	Insgesamt	190	16.4323	—			

Tabelle 10
Die Kennwerte S^2_{xy}/S_{xx} für die fünf Variablen x_1 bis x_5 , gegliedert nach Flächengruppen

Meßwert (log _e transform.)	stat. Var.	Flächengruppe			
		A	B	C	S=A+B+C
Alter	A x_1	5.72011	2.68539	1.82211	0.95684
Oberhöhe	h_0 x_2	5.36589	2.57009	1.41424	0.86272
Oberdurchm.	d_0 x_3	5.07505	2.39529	1.26829	0.82773
Stammzahl	N x_4	4.72184	2.65635	2.04590	1.19844
$\Delta d\%$	x_5	3.23566	2.02957	1.61370	0.95073

belle 10 verschieden anzuordnen. Dieser Weg erschien jedoch im Blick auf die angestrebte Zusammenfassung der drei Schätzfunktionen zu einer einheitlichen Leitbeziehung nicht vorteilhaft. Statt dessen wurde eine einheitliche Rangordnung der Variablen in allen drei Beziehungen zugrunde gelegt. Anhalt hierfür war die Staffelung der Orientierungsgrößen in der Gruppe der schwach durchforsteten Flächen (vgl. Tab. 10). Sie ergab folgende Anordnung der unabhängigen Variablen zur Herleitung von $VN\%$ ($\log VN\% = y$):

$$\begin{aligned} x_1 &= \log A \\ x_2 &= \log h_0 \\ x_3 &= \log d_0 \\ x_4 &= \log N \\ x_5 &= \log \Delta d\% \end{aligned}$$

Die Gleichung für die Schätzfunktion lautet somit:

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_4x_4 + b_5x_5 \quad (6)$$

Nach der geschilderten Anordnung der unabhängigen Variablen, die bereits in der Gleichung (4) im Abschnitt 6.13 enthalten ist, kommt den vier Ertragsselementen, welche die primäre Grundbeziehung bilden (vgl. Abschnitt 5.33), die höhere mutmaßliche Wichtigkeit zu, wogegen die Bedeutung der sekundären Trennbeziehung $\Delta d\% / VN\%$ zurücktritt.

Der weitere Gang der Untersuchungen (vgl. Abschnitt 6.32) hat demgegenüber ergeben, daß die Annahme eines größeren Gewichtes der primären Grundbeziehung nur für einen Teil ihrer Ertragsselemente zutrifft. Hiernach treten x_2 und x_3 in ihrer Bedeutung sowohl gegenüber x_1 und x_4 als auch gegenüber x_5 , d. h. auch gegenüber der sekundären Trennbeziehung zurück. Die geschilderte Prüfung auf mutmaßliche Wichtigkeit hat also in der Tat nur orientierenden Charakter. Dies gilt zumindest für das hier angewandte Regressionsverfahren, bei dem nicht der Informationswert jeder einzelnen Variablen getrennt bestimmt wird, sondern der zusätzliche Informationsgewinn beurteilt wird, der durch Eingabe der jeweils nächstfolgenden Variablen erzielt wird.

6.15 Die Koeffizienten für die drei Schätzfunktionen sind in Tabelle 11 zusammengefaßt. Während bei der einfachen $\Delta d\% / VN\%$ -Beziehung das Vornutzungsprozent mit steigenden $\Delta d\%$ abnimmt, steigt $VN\%$ nach den multiplen Schätzfunktionen mit zunehmendem $\Delta d\%$ bei Konstanzhaltung von A, h_0 , d_0 und N an: die partiellen Regressionskoeffizienten $b_{y5.1234}$ der Schätzfunktionen in Tabelle 11 sind im Gegensatz zu den einfachen Regressionskoeffizienten (vgl. Tab. 3) positiv.

Abweichend von den Verhältnissen bei den einfachen $\Delta d\% / VN\%$ -Regressionen unterscheiden sich die partiell-

Tabelle 11
Die Koeffizienten für die multiplen Schätzbeziehungen für die Flächengruppen A bis C und für alle Flächengruppen zusammengefaßt (S).

Koeff.	bezogen auf		Flächengruppe			
	Meßwert	Var.	A	B	C	S=A+B+C
b_0			-6.55034	3.19015	7.72738	6.51228
b_1	Alter	A x_1	2.25276	0.68048	0.09678	0.33485
b_2	Oberhöhe	h_0 x_2	2.47901	0.21006	1.66468	0.84706
b_3	Oberdurchm.	d_0 x_3	-1.51454	-0.99471	-3.24706	-2.24576
b_4	Stammzahl	N x_4	0.11395	-1.14361	-1.55180	-1.67516
b_5	$\Delta d\%$	x_5	1.38352	1.18363	0.51653	1.13431

Tabelle 12
Prüfung des Unterschiedes zwischen den partiellen Regressionskoeffizienten $b_{y5,1234}$

Fläch-Gr.	N	S_{xx} ber.	S_{xy} ber.	$b_{y5,1234}$	S_{yy}	n_1	$b_{y5,1234} \cdot S_{xy}$ ber.	$S_{yy} - b_{y5} \cdot S_{xy}$ ber.	n_2	DQ
A	64	0.02172	0.03005	1.38352	0.74427	63	0.04157	0.70270	62	
B	64	0.05304	0.06278	1.18363	0.62488	63	0.07431	0.55057	62	
C	63	0.08741	0.04515	0.51653	0.34908	62	0.02332	0.32576	61	
insges.	191	0.16217	0.13798	0.85084	1.71823	188	0.11740	1.60083	187	—
S		0.21250	0.24104	1.13431				1.57903	185	0.008535
								0.02180	2	0.01090
								F =		1.27—

Tabelle 13
Die Bestimmtheitsmaße für die Beziehung zwischen dem Vornutzungsprozent und den fünf Bestimmungsgrößen x_1 bis x_5 . Flächengruppen A bis C und Zusammenfassung aller Flächen (S)

Bestimmtheitsmaß	einbezogene x-Variable	Flächengruppe			
		A	B	C	S
B_1	x_1	0.8381	0.7958	0.6220	0.5823
B_2	x_1, x_2	0.8417	0.7996	0.6406	0.5823
B_3	x_1, x_2, x_3	0.8687	0.8077	0.7243	0.5890
B_4	x_1, x_2, x_3, x_4	0.8909	0.8148	0.8808	0.7758
B_5	x_1, x_2, x_3, x_4, x_5	0.8970	0.8368	0.8888	0.7925

len Regressionskoeffizienten $b_{y5,1234}$ der drei multiplen Schätzfunktionen nur unwesentlich voneinander. Tabelle 12 enthält das Ergebnis der Übereinstimmungsprüfung. Hiernach kann die wesentlichste Voraussetzung für eine Zusammenfassung der drei Beziehungen zu einer gemein-

samen Leitbeziehung, die statistische Übereinstimmung der (sekundären) Trennbeziehungen bei Konstanthaltung der (primären) Grundbeziehungen, als erfüllt gelten.

6.16 Auf Grund dieses Prüfungsergebnisses konnte aus den Regressionswerten der drei Flächengruppen A, B und C eine gemeinsame Leitbeziehung berechnet werden. Ihre Regressionskoeffizienten sind in Tabelle 11 mit aufgeführt (Spalte S). Die Leitbeziehung

$$Y_s = 6.51228 + 0.33485x_1 + 0.84706x_2 - 2.24576x_3 - 1.67516x_4 + 1.13431x_5 \quad (7)$$

ermöglicht innerhalb des vorgegebenen Rahmens der Ertragsselemente (vgl. Tab. 1) eine Schätzung des Vornutzungsprozentes ohne Vorordnung nach Eingriffsstärken.

6.2 Bestimmtheitsmaße

6.21 Die multiplen Bestimmtheitsmaße für die vier Beziehungen in Tabelle 11 liegen allgemein hoch (vgl. Tab. 13).

Tabelle 14
Schätzung des anteiligen Bestimmungsgewichtes der Variablen x_1 bis x_5 in den Schätzbeziehungen A bis C

Streuung	Flächengruppe											
	A				B				C			
	n	SQ	DQ	F	n	SQ	DQ	F	n	SQ	DQ	F
Regressionswerte x_5 (total)	1	3.23567	3.23567	266.97***	1	2.02957	2.02957	213.86***	1	1.61370	1.61370	282.61***
zus. bezüglich x_1 bis x_4	4	2.88631	0.72158	59.54***	4	0.79446	0.19861	20.93***	4	0.98976	0.24744	43.33***
bezüglich x_1 bis x_5	5	6.12198			5	2.82403			5	2.60346		
Einzelwerte um die Regression	58	0.70270	0.01212		58	0.55057	0.00949		57	0.32576	0.00571	
Insgesamt	63	6.82468			63	3.37460			62	2.92922		
Regressionswerte x_1 bis x_4	4	6.08041	1.52010		4	2.74972	0.68743		4	2.58014	0.64504	
bezüglich x_5	1	0.04157	0.04157	3.43(*)	1	0.07431	0.07431	7.83**	1	0.02332	0.02332	4.08*
bezüglich x_1 bis x_5	5	6.12198			5	2.82403			5	2.60346		
Einzelwerte um die Regression	58	0.70270	0.01212		58	0.55057	0.00949		57	0.32576	0.00571	
Insgesamt	63	6.82468			63	3.37460			62	2.92922		
Regressionswerte x_1 bis x_3	3	5.92862	1.97621		3	2.72554	0.90851		3	2.12150	0.70717	
bezüglich x_4	1	0.15179	0.15179	11.57**	1	0.02418	0.02418	2.28—	1	0.45864	0.45864	76.19***
bezüglich x_1 bis x_4	4	6.08041			4	2.74972			4	2.58014		
Einzelwerte um die Regression	59	0.74427	0.01312		59	0.62488	0.01059		58	0.34908	0.00602	
Insgesamt	63	6.82468			63	3.37460			62	2.92922		
Regressionswerte x_1 bis x_2	2	5.74405	2.87202		2	2.69824	1.34912		2	1.87639	0.93819	
bezüglich x_3	1	0.18457	0.18457	12.36***	1	0.02730	0.02730	2.52—	1	0.24511	0.24511	17.90***
bezüglich x_1 bis x_3	3	5.92862			3	2.72554			3	2.12150		
Einzelwerte um die Regression	60	0.89606	0.01493		60	0.64906	0.01082		59	0.80772	0.01369	
Insgesamt	63	6.82468			63	3.37460			62	2.92922		
Regressionswerte x_1 bezüglich x_2	1	5.72011	5.72011	(322.81***)	1	2.68539	2.68539	(242.15***)	1	1.82211	1.82211	(103.82***)
bezüglich x_1 bis x_2	1	0.02394	0.02394	1.35—	1	0.01285	0.01285	1.16—	1	0.05428	0.05428	3.09(*)
bezüglich x_1 bis x_2	2	5.74405			2	2.69824			2	1.87639		
Einzelwerte um die Regression	61	1.08063	0.01772		61	0.67636	0.01109		60	1.05283	0.01755	
Insgesamt	63	6.82468			63	3.37460			62	2.92922		

Tabelle 15
Schätzung des anteiligen Bestimmungsgewichtes der
Variablen x_1 bis x_5 in der Schätzbeziehung S
(Zusammenfassung von A, B und C)

Streuung	n	SQ	DQ	F
Regressionswerte x_5 (total) zusammen bezüglich	1	0.95073	0.95073	515.58***
x_1 bis x_4	4	0.35155	0.08789	47.66***
bezüglich x_1 bis x_5 Einzelwerte um die Regression	5	1.30228		
Insgesamt	185	0.34105	0.001844	
Insgesamt	190	1.64333		
Regressionswerte x_1 bis x_4 bezüglich x_5	4	1.27494	0.31873	
bezüglich x_1 bis x_5 Einzelwerte um die Regression	1	0.02734	0.02734	14.83***
	5	1.30228		
Insgesamt	185	0.34105	0.001844	
Insgesamt	190	1.64333		
Regressionswerte x_1 bis x_3 bezüglich x_4	3	0.96790	0.32263	
bezüglich x_1 bis x_4 Einzelwerte um die Regression	1	0.30704	0.30704	154.99***
	4	1.27494		
Insgesamt	186	0.36839	0.001981	
Insgesamt	190	1.64333		
Regressionswerte x_1 bis x_2 bezüglich x_3	2	0.95684	0.47842	
bezüglich x_1 bis x_3 Einzelwerte um die Regression	1	0.01106	0.01106	3.06(*)
	3	0.96790		
Insgesamt	187	0.67543	0.003612	
Insgesamt	190	1.64333		
Regressionswerte x_1 bezüglich x_2	1	0.956835	0.956835 (262,00***)	
bezüglich x_1 bis x_2 Einzelwerte um die Regression	1	0.000008	0.000008	0,00-
	2	0.956843		
Insgesamt	188	0.686490	0.003652	
Insgesamt	190	1.643333		

Hierbei zeigt die Behandlungsgruppe A mit $B_A = 0,90$ erwartungsgemäß die engste und die gemeinsame Leitbeziehung S mit $B_S = 0,79$ die vergleichsweise schwächste Abhängigkeit zwischen den fünf Bestimmungsgrößen und dem Vornutzungsprozent. Das Bestimmtheitsmaß der Behandlungsgruppe B ($B_B = 0,84$) liegt unter dem der Behandlungsgruppe C ($B_C = 0,89$). Die Unterschiede zwischen den vier Bestimmtheitsmaßen sind nicht signifikant.

6.22 Mit steigender Anzahl der unabhängigen Variablen nimmt die Bestimmtheit erwartungsgemäß zu, wobei die Erhöhung von B bei den einzelnen Variablen und in den verschiedenen Behandlungsgruppen stark unterschiedlich ist (vgl. Tab. 14 und 15). Das anteilige „Gewicht“ der Variablen ist also, wie im Abschnitt 6.14 bereits angedeutet wurde, sehr unterschiedlich.

So steigt z. B. in der gemeinsamen Leitbeziehung S der „untere“ Wert, der bei Zugrundelegung lediglich der ersten unabhängigen Variablen x_1 $B_{y,1} = 0,5823$ beträgt, nur unwesentlich an, wenn die Beziehung um die zweite und dritte unabhängige Variable x_2 und x_3 erweitert wird ($B_{y,12} = 0,5823$; $B_{y,123} = 0,5890$). Dagegen erhöht sich der B-Wert erheblich, wenn darüber hinaus die Variable x_4 einbezogen wird ($B_{y,1234} = 0,7758$). Die sehr geringe Zunahme des B-Wertes bei Einbeziehung von x_2 und x_3 deutet bereits darauf hin, daß die beiden Variablen in der vorgegebenen Variablenfolge eine geringe Bedeutung für die Bestimmung von VN% haben. Der Informationsgehalt von x_2 und x_3 wird hier bereits von der vorgeordneten Variablen x_1 abgeschöpft. (Näheres hierzu vgl. Abschnitt 6.32.)

6.3 Bestimmungsgewicht der unabhängigen Variablen

6.31 Der Einfluß der fünf Bestimmungsgrößen x_1 bis x_5

wurde durch Zerlegung der Restvarianzen näher untersucht. Hierbei wurde geprüft, ob durch Hinzunahme der einzelnen Variablen die Summen der Quadrate der Regressionswerte (SQ) signifikant ansteigen und damit ein „echter“ Informationsgewinn erzielt wird (Vorschlag für die Signifikanzprüfung von LINDER 1960). Tabellen 14 und 15 enthalten das Prüfergebnis. Hiernach hat:

$x_1 = \log A$ ein signifikantes Gewicht in den Schätzfunktionen A, B, C und S, somit in allen vier Beziehungen.

$x_2 = \log h_0$ ein signifikantes Gewicht in keiner der vier Schätzfunktionen, sondern lediglich ein sich andeutendes, nicht signifikantes Gewicht in der Schätzfunktion C

$x_3 = \log d_0$ ein signifikantes Gewicht in den Schätzfunktionen A und C und ein sich andeutendes (nicht signifikantes) Gewicht in der Beziehung S

$x_4 = \log N$ ein signifikantes Gewicht in den Schätzfunktionen A, C und S

$x_5 = \log \Delta d\%$ ein signifikantes Gewicht in den Schätzfunktionen B, C und S und ein sich andeutendes (nicht signifikantes) Gewicht in der Schätzfunktion A.

6.32 Das Prüfergebnis in Tabelle 14 und 15 zeigt, daß die (primäre) Grundbeziehung gegenüber der (sekundären) Trennbeziehung kein eindeutig höheres Bestimmungsgewicht hat. Vielmehr haben zwei der vier Ertrags Elemente, welche die (primäre) Grundbeziehung bilden, nämlich die Variablen x_2 und x_3 , in mehreren Schätzfunktionen eine nur geringe Bedeutung. Die Variablen x_1 und x_4 haben dagegen i. d. R. ein erhebliches Bestimmungsgewicht.

Für die vorliegende Untersuchung ist besonders die Feststellung von Bedeutung, daß die Variable x_5 der (sekundären) Trennbeziehung in drei der vier Schätzfunktionen ein signifikantes Gewicht als Bestimmungsgröße hat.

6.33 Die hier besonders interessierende gemeinsame Leitbeziehung S läßt folgende Abstufung der unabhängigen Variablen x_1 bis x_5 nach deren Wichtigkeit als Bestimmungsgrößen erkennen:

$$\begin{aligned} x_1 &= \log A^{***} \\ x_4 &= \log N^{***} \\ x_5 &= \log \Delta d\%^{***} \\ x_3 &= \log d_0^{(+)} \\ x_2 &= \log h_0^{-} \end{aligned}$$

6.4 Schätzfehler

6.41 In den folgenden Abschnitten werden die Einzel- und Durchschnittsabweichungen der errechneten von den „wirklichen“ Vornutzungsprozenten und GWL-Werten untersucht. Hierbei wird, wie auch schon in den vorhergehenden Abschnitten, vorausgesetzt, daß die einzelnen Flächenwerte, die zur Bestimmung der Schätzfunktionen bzw. bei deren Überprüfung verwendet wurden, voneinander unabhängige Stichproben sind. Dies trifft jedoch nur bedingt zu. Die aus den periodischen Aufnahmen einer Versuchsfläche gewonnenen Flächenwerte sind nicht unabhängig voneinander. Vielmehr sind die periodischen Folgewerte der einzelnen Bestimmungsgrößen und deren Wechselbeziehungen belastet mit dem „Gewicht“ der entsprechenden Ausgangswerte aus der zeitlich davor liegenden Aufnahme. Das ideale Material für die vorliegende Untersuchung wären Flächenwerte, die ausnahmslos aus verschiedenen Flächen stammen, oder zumindest Werte aus der periodischen Aufnahme altersgleicher Versuchsreihen, die die gleiche Dichte (Altersfolge) und Anzahl von Flächenaufnahmen aufweisen. Beide Forderungen sind praktisch nicht realisierbar. — Es ist jedoch nicht anzunehmen, daß das Gesamtbild der Aussage durch diese unvermeidbaren Schwächen des ansonsten hervorragenden Materials nennenswert beeinträchtigt wird.

6.42 Die Abweichungen $\Delta VN\%$ der geschätzten von den „wirklichen“ Vornutzungsprozenten der sechs in die Rechnung eingegangenen Flächenreihen betragen im extremen

Tabelle 16
Verteilung der $\Delta VN\%$ -Abweichungswerte nach Abweichungsklassen
(Vflä D 5, E 72, E 73, O 8, S 2, S 3)

Häufigkeits- verteilung	Klasse der Abweichungswerte						Insgesamt
	-15/-20	-10/-15	-5/-10	0/-5	+5/0	+10/+5	
absolut	1	4	27	65	66	28	191
in Prozent	0,5	2	14	34	35	14,5	100

Einzelfall rund -16 bis $+10$ und im Durchschnitt etwa ± 4 . Bei mehreren festgestellten Abweichungen ist es nicht sicher, ob es sich um wirkliche Schätzfehler handelt, oder ob nicht vielmehr die als Vergleichswerte verwendeten Versuchsflächendaten fehlerhaft sind, insbesondere in den Fällen, wo es sich um ältere Aufnahmen handelt.

6.43 In Tabelle 16 ist die Verteilung der absoluten und relativen Häufigkeiten der Abweichungswerte nach $5\% \Delta VN\%$ -Klassen wiedergegeben. Hiernach fallen etwa 69 Prozent aller Einzelwerte in den $\pm 5\%$ -Bereich, der eine zufriedenstellende Übereinstimmung zwischen Schätzprozent und „wirklichem“ Wert repräsentiert.

Nimmt man die beiden angrenzenden Frequenzbereiche bis zu einer oberen Abweichungsgrenze von $\pm 10\%$ hinzu, so werden ca. 97 Prozent aller $\Delta VN\%$ -Werte erfaßt; lediglich 3 Prozent aller in die Rechnung eingegangenen Einzelwerte liegen außerhalb des vorgegebenen Toleranzbereiches von $\pm 10 \Delta VN\%$.

6.44 Werden die Abweichungswerte nach dem Alter gegliedert, so ergeben sich geringfügige, jedoch charakteristische Veränderungen in ihrer Häufigkeitsverteilung. Bei Zugrundelegung einer Gliederung in die Altersgruppen

- a) bis 50 Jahre
- b) 51—80 Jahre
- c) über 80 Jahre

ist eine deutliche Asymmetrie der Verteilung im jüngeren und mittleren Alter mit einem vergleichsweise großen Anteil an negativen Abweichungswerten festzustellen. Mit zunehmendem Alter verringert sich die Asymmetrie. Gleichzeitig nehmen die positiven Abweichungen zu. Der geringe, jedoch systematische Alterseinfluß auf die Verteilung der Abweichungswerte läßt sich durch Einfügung einer quadratischen Variablen $x_6 = \log^2 A$ in die Leitbeziehung weitgehend ausschalten. Von dieser Möglichkeit wurde bei der Herleitung einer korrigierten Leitbeziehung Gebrauch gemacht (vgl. Abschnitt 8).

6.45 Die Schätzfehler des Vornutzungsprozentes fallen erwartungsgemäß um so stärker ins Gewicht, je höher das „wirkliche“ Vornutzungsprozent ist. Bei ihrer Beurteilung ist zusätzlich zu berücksichtigen, ob es sich um positive oder um negative Abweichungen vom „wirklichen“ Vornutzungsprozent handelt. Ein negativer Schätzfehler des $VN\%$ ergibt eine geringere Fehlschätzung der Gesamtwuchsleistung als — unter sonst gleichen Bedingungen — ein gleichgroßer positiver Schätzfehler.

Die Beziehungen zwischen dem Schätzfehler des Vornutzungsprozentes und der Fehlschätzung der Gesamtwuchsleistung sind an einigen Beispielen auf Abbildung 18 dargestellt.

Ein wichtiges Kriterium für die Eignung der verwendeten Leitbeziehung ist das Einflußgewicht der Durchforstungsstärke auf die Schätzfehlerverteilung. Je stärker der systematische Einfluß der Durchforstungsstärke auf die Gliederung der Abweichungswerte $\Delta VN\%$ ist, um so geringer ist der allgemeine Weiserwert der Leitbeziehung anzusetzen. Die Untersuchung der Schätzfehler brachte hier ein zufriedenstellendes Ergebnis. Die Abweichungs-

werte der C-Grad-Flächen umfassen zwar vielfach die vergleichsweise größte Variationsbreite innerhalb der Fehlervariation einer Flächenreihe. Eine klare Gliederung der Abweichungswerte nach der Durchforstungsstärke ist jedoch nicht festzustellen. Allgemein überdeckt der Einfluß des Bestandesalters den — bei Konstanthaltung der behandlungsunabhängigen Kennwerte — im Vornutzungsprozent zum Ausdruck kommenden Einfluß der Durchforstungsstärke.

6.47 Ein Vergleich der geschätzten mit den „wirklichen“ Vornutzungsprozents allein vermag noch keinen zufriedenstellenden Überblick über die möglichen Fehlschätzungen der Gesamtwuchsleistung zu geben. Diese Information kann nur durch Einbeziehung des stehenden Vorrates gewonnen werden, der bei den bisherigen Untersuchungen noch nicht berücksichtigt worden ist. Neben den bereits genannten Ertrags-elementen zur Schätzung des $VN\%$ ist der stehende Vorrat eine weitere Bestimmungsgröße der Gesamtwuchsleistung, die durch örtliche Erhebung gewonnen werden muß.

Gesamtwuchsleistung, stehender Vorrat und Vornutzungsprozent stehen zueinander in der Beziehung

$$GWL_{\text{F}} = \frac{100 V_{\text{F}}}{(100 - VN\%_{\text{F}})}$$

für die „wirklichen“ Werte der Gesamtwuchsleistung (GWL_{F}), des stehenden Vorrates (V_{F}) und des Vornutzungsprozentes ($VN\%_{\text{F}}$) nach der Flächenaufnahme und

$$GWL_{\text{S}} = \frac{100 V_{\text{F}}}{(100 - VN\%_{\text{S}})}$$

für die Schätzwerte der Gesamtwuchsleistung auf Grund geschätzter Vornutzungsprozente bei gegebenem Vorrat.

Die Fehlschätzung der Gesamtwuchsleistung ist gleich der Differenz $\Delta GWL = GWL_{\text{S}} - GWL_{\text{F}}$.

6.48 In gleicher Weise wie die Schätzfehlerverteilung des Vornutzungsprozentes wurde auch die Verteilung der Fehlschätzung der Gesamtwuchsleistung ΔGWL auf ihre wesentlichen Merkmale hin untersucht. Rund 78 Prozent aller ΔGWL -Einzelwerte liegen im Bereich von ± 100 Vfm S. Etwa 77 Prozent liegen innerhalb eines Abweichungswertes von ± 10 Prozent des jeweiligen „wirklichen“ GWL -Wertes. Die höheren Fehlschätzungen treten erwartungsgemäß gehäuft im höheren Alter (> 80 J.) auf. Die Standardabweichung der Abweichungsverteilung liegt bei 8 Prozent.

In Tabelle 17 sind die Fehlschätzungen der Gesamtwuchsleistung (in Vfm S) bei gegebenem Vorrat und bekanntem „wirklichem“ Vornutzungsprozent für die Schätzfehler des Vornutzungsprozents $\Delta VN\% = 2, 5, 10$ und 15 errechnet.²⁾ Die Abweichungsschellen von $\pm 5\%$, $\pm 10\%$ und $\pm 15\%$ der „wirklichen“ Gesamtwuchsleistung sind durch stark gestrichelte Linien kenntlich gemacht. Hiernach sind Fehlschätzungen von z. B. 10 Prozent der „wirklichen“ GWL schon bei einem Schätzfehler $\Delta VN\% = +5$ möglich, wenn — unabhängig von der Höhe des stehenden Vorrates — das „wirkliche“ Vornutzungsprozent 46 bis 50 Prozent beträgt.

²⁾ Tabelle 17 ist ein Auszug aus einer stärker gegliederten Tabelle, die in einem gesonderten Tabellenteil veröffentlicht wird.

Tabelle 17

Abweichung der geschätzten von der wirklichen Gesamtwuchsleistung in Vfm S bei einem Schätzfehler $\Delta VN\%$ 2, 5, 10 und 15

V/ha VfmS	Schätzfehler $\Delta VN\% = -2$					Schätzfehler $\Delta VN\% = +2$					V/ha VfmS
	Abweichung ΔGWL bei einem „wirklichen“ $VN\%$ von										
	10	20	30	40	50	10	20	30	40	50	
200	-5	-6	-8	-11	-15	5	6	8	12	17	200
400	-9	-12	-15	-22	-31	11	13	17	23	33	400
600	-15	-18	-24	-32	-46	15	19	25	34	50	600
800		-24	-32	-43	-62		26	33	46	67	800
1000			-40	-54	-77			42	57	83	1000
	Schätzfehler $\Delta VN\% = -5$					Schätzfehler $\Delta VN\% = +5$					
200	-11	-15	-19	-25	-36	13	17	22	31	44	200
400	-23	-29	-38	-52	-73	27	33	44	60	87	400
600	-35	-44	-57	-77	-109	39	50	66	91	133	600
800		-59	-76	-102	-145		67	88	122	178	800
1000			-96	-129	-182			109	151	222	1000
	Schätzfehler $\Delta VN\% = -10$					Schätzfehler $\Delta VN\% = +10$					
200	-22	-28	-36	-47	-67	28	36	47	67	100	200
400	-44	-56	-71	-96	-133	56	71	96	133	200	400
600	-67	-83	-107	-143	-200	83	107	143	200	300	600
800		-111	-143	-190	-267		143	190	267	400	800
1000			-179	-238	-333			238	333	500	1000
	Schätzfehler $\Delta VN\% = -15$					Schätzfehler $\Delta VN\% = +15$					
200	-32	-39	-51	-66	-92	45	58	78	111	171	200
400	-63	-79	-100	-134	-185	89	115	156	222	343	400
600	-96	-118	-151	-200	-277	133	173	234	333	514	600
800		-158	-202	-266	-369		231	312	445	686	800
1000			-253	-334	-462			389	555	857	1000

Auf Abbildung 18 sind die Beziehungen zwischen $VN\%$, $\Delta VN\%$ und ΔGWL für $\Delta VN\% = 2, 5, 10$ und 15 bei Bestandsvorräten von 500 und 1000 Vfm S graphisch dargestellt.

7. Überprüfung der Leitbeziehung

7.1 Einleitende Bemerkungen

7.11 In den Abschnitten 6.2 bis 6.4 wurden einige Eigenschaften der multiplen Schätzfunktionen für die drei Be-

handlungsgruppen A, B und C sowie der aus ihnen hergeleiteten gemeinsamen Leitbeziehung S beschrieben. Da allen diesen Darstellungen die Werte der gleichen 18 Versuchsflächen zugrunde liegen, aus denen auch die vier Beziehungen errechnet worden sind, konnten diese Feststellungen nur beschreibenden und weniger überprüfenden Charakter haben. Eine Überprüfung der Schätzbeziehungen ist nur dann sinnvoll, wenn sie anhand eines Materials durchgeführt wird, das nicht zu ihrer Herleitung verwendet wurde. Voraussetzung ist allerdings, daß das Material als Stichprobe aus der gleichen Grundgesamtheit gelten kann, aus der auch die statistische Masse zur Gleichungsbestimmung gewonnen wurde.

7.12 Die Prüfung der Schätzgenauigkeit wurde auf die gemeinsame Leitbeziehung S (vgl. Tab. 11) beschränkt und anhand des Materials der vier Versuchsflächenreihen B 65, D 84, S 67 und S68 (insgesamt 83 Flächenaufnahmen in 11 Einzelflächen; vgl. Abschnitt 3.3) durchgeführt. Die Größenordnung der wesentlichen Ertragselemente der vier Versuchsreihen ist in Tabelle 2 wiedergegeben. Sie stimmen mit den entsprechenden Werten für die sechs in die Leitbeziehung eingegangenen Versuchsreihen (vgl. Tab. 1) weitgehend überein.

7.2 Prüfergebnis

7.21 Die Variationsbreite der Einzelabweichungen der 11 Vergleichsflächen und die Verteilungen der Abweichungshäufigkeiten stimmen mit den Verteilungsgrößen der 18 Bezugsflächen statistisch annähernd überein. Das entsprechende Prüfergebnis enthält Tabelle 18 (stark vereinfachtes Prüfverfahren).

Die größten Einzelabweichungen der Vergleichsflächenwerte vom „wirklichen“ Vornutzungsprozent liegen bei -18 und $+9$. Etwa 80 Prozent der $\Delta VN\%$ -Werte liegen innerhalb des Übereinstimmungsrahmens von $\pm 5\%$, während etwa 99% um nicht mehr als $10 \Delta VN\%$ -Prozent vom „wirklichen“ $VN\%$ -Wert abweichen. Bei den Fehlschät-

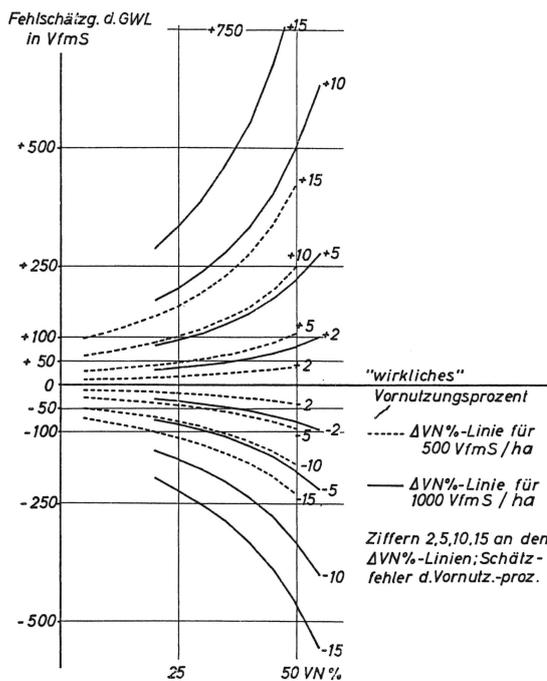


Abb. 18

Die Fehlschätzungen der Gesamtwuchsleistung in Abhängigkeit vom „wirklichen“ Vornutzungsprozent und vom stehenden Vorrat bei einem Schätzfehler des Vornutzungsprozents von 2, 5, 10 und 15 $\Delta VN\%$.

Tabelle 18

Vergleich der Häufigkeitsverteilungen der Fehlschätzungen $\Delta VN\%$ und $\Delta GWL\%$ zwischen den sechs Bezugsflächen- und den vier Vergleichsflächenreihen

Fehl-schätzung	Versuchsglied	Flä.-Aufn. N_i	durchschnittl. Abweichung	$s_i^2 (N_i - 1)$	D s_d	Mittelwertprüfung	Varianz s_i^2	Varianzprüfung F
$\Delta VN\%$	Bezugsflächen	191	-0,44	5489,06	0,67	1,00	28,89	1,50
	Vergleichsflächen	83	+0,23	1582,65	5,099		19,30	
$\Delta GWL\%$	Bezugsflächen	191	-0,24	12138,43	1,91	1,93	63,89	1,60 (*)
	Vergleichsflächen	83	+1,67	3279,64	7,529		40,00	

zungen der Gesamtwuchsleistung liegen rund 89 Prozent aller Einzelwerte innerhalb des $\pm 10\%$ -Rahmens der „wirklichen“ GWL.

Die Standardabweichungen der Schätzfehler-Verteilungen liegen im großen Durchschnitt bei 4 für $\Delta VN\%$ und bei 6 für $\Delta GWL\%$. Die arithmetischen Mittel betragen etwa +0,2 für die $\Delta VN\%$ -Verteilung und +1,7 für die $\Delta GWL\%$ -Verteilung. Sie weichen von Null nicht wesentlich ab. Die geringe Signifikanz, die für die Differenz des Mittelwertes 1,7 der Abweichungsverteilung gegenüber Null ermittelt wurde, wird hierbei noch nicht als wesentlich betrachtet.

7.22 Eine Gliederung der Abweichungswerte der 11 Vergleichsflächen nach Altersgruppen (vgl. Abb. 19) ergibt in der Tendenz die gleichen Veränderungen in der Abweichungsverteilung wie bei den 18 Bezugsflächen (siehe hierzu Abschnitt 6.4). Wie Abbildung 20 zeigt, unterscheiden sich die 11 Vergleichsflächen im Verlauf ihrer Schätzfehlerlinien z. T. deutlich voneinander. Systematische, in allen Vergleichsreihen in gleicher Weise auftretende Abweichungen der Schätzwerte von den „wirklichen“ Werten sind auf den A- und B-Flächen nicht erkennbar. Die C-Flächen zeigen dagegen ziemlich einheitlich einen negativen Schätzfehler im jüngsten Alter und danach einen deutlichen Anstieg ihrer Schätzfehlerlinien. Die Abweichungen bleiben jedoch i. d. R. im vorgegebenen Fehlerrahmen. Die wenigen über den 10%-Rahmen hinausgehenden Abweichungen auf den C-Grad-Flächen im jüngeren Alter beziehen sich allgemein nur auf jeweils eine Versuchsflächenaufnahme. Diese Aufnahmen sind durchaus nicht durch

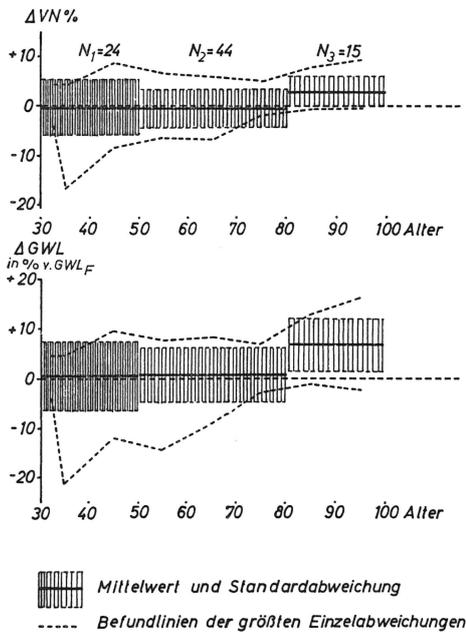


Abb. 19

Durchschnitte und Standardabweichungen der Fehlschätzungen $\Delta VN\%$ und ΔGWL , gegliedert nach Altersgruppen. (Versuchsflächen B 65, D 84, S 67, S 68.)

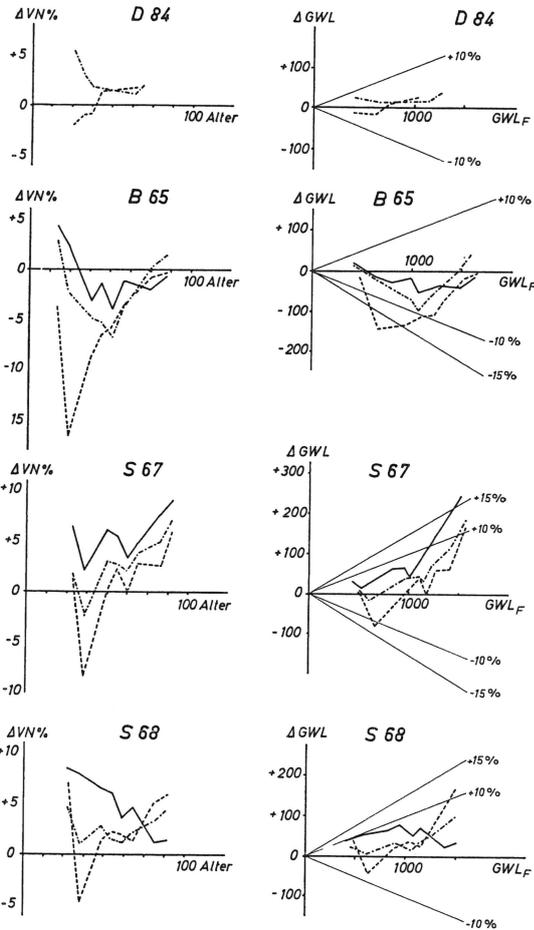


Abb. 20

Abweichungswerte $\Delta VN\%$ über dem Alter (links) und ΔGWL über der „wirklichen“ Gesamtwuchsleistung (rechts) für die Versuchsflächen B 65, D 84, S 67, S 68.

— A-Grad-Flächen
- - - B-Grad-Flächen
- - - C-Grad-Flächen

besondere Behandlungsmerkmale, etwa durch stärkere Eingriffe, gekennzeichnet. Andere Ursachen für das stärkere Abweichen sind ebenfalls nicht erkennbar. Es muß darum die Frage offen bleiben, inwieweit es sich hierbei um echte Fehlschätzungen handelt und inwieweit die festgestellten Abweichungen als Differenzwerte zu einem unrichtigen Bezugswert entstanden sind.

7.3 Wertung des Prüfergebnisses

7.31 Die Untersuchungen an den 11 Vergleichsflächen haben gezeigt, daß die gemeinsame Leitbeziehung S zur Schätzung des Vornutzungsprozentes (und damit auch der wahrscheinlichen Gesamtwuchsleistung) gut geeignet ist. Die Schätzgenauigkeit, die mit Hilfe der Leitbeziehung erzielt werden kann, ist sehr günstig. Einen wichtigen Hinweis auf die Güte der Leitbeziehung gibt hierbei die ver-

gleichsweise große Zahl der Einzelabweichungen, die innerhalb des als ausreichend angenommenen Übereinstimmungsrahmens von $\pm 5 \Delta VN\%$ und von ± 10 Prozent der „wirklichen“ Gesamtwuchsleistung liegt. Die durchschnittliche prozentische Fehlschätzung $s\%$, bezogen auf 68% des Untersuchungskollektivs (bedingte prozentische Standardabweichung), beträgt rund 6–8 Prozent der durchschnittlichen Gesamtwuchsleistung. Diese Abweichungsgröße ist geringer als die Schätzfehler, die bisher mit anderen Schätzmethoden erreicht wurden. Im Abschnitt 1.2 wurde bereits darauf hingewiesen, daß bei den z. Zt. gebräuchlichen Schätzverfahren, z. B. über örtlich hergeleitete EICHORN-Leitbeziehungen $GWL = f(h)$, örtlich anwendbare Ertragstabellen oder standörtlich fixierte Leistungstabellen, die durchschnittliche Fehlerabweichungen (bedingte prozentische Standardabweichung) $s_{yy} \%$ allgemein etwa ± 8 bis 10 Prozent der „wirklichen“ Gesamtwuchsleistung beträgt. Die größere Zahl eingegebener Variablen ermöglicht eine der jeweiligen Schätzsituation besser angepaßte Schätzung, als dies mit den bislang üblichen Verfahren erzielt werden konnte.

7.32 Als wesentliche Ergebnisse, die bei der praktischen Anwendung des Schätzverfahrens zu berücksichtigen sind, sind zu nennen:

1. Im höheren Bestandesalter, etwa vom Alter 90 ab, werden die Schätzergebnisse unsicher. Im großen Durchschnitt der Einzelschätzung werden die Abweichungsschwellen von ± 10 Prozent der „wirklichen“ Gesamtwuchsleistung etwa im Alter 95 erreicht (vgl. Abb. 21 oben).
2. Im mittleren und höheren Bestandesalter (über 50 Jahre) werden die ± 10 Prozent-Abweichungsschwellen, bezogen auf die „wirkliche“ Gesamtwuchsleistung, bei einem „wirklichen“ Vornutzungsanteil von rund 42–45

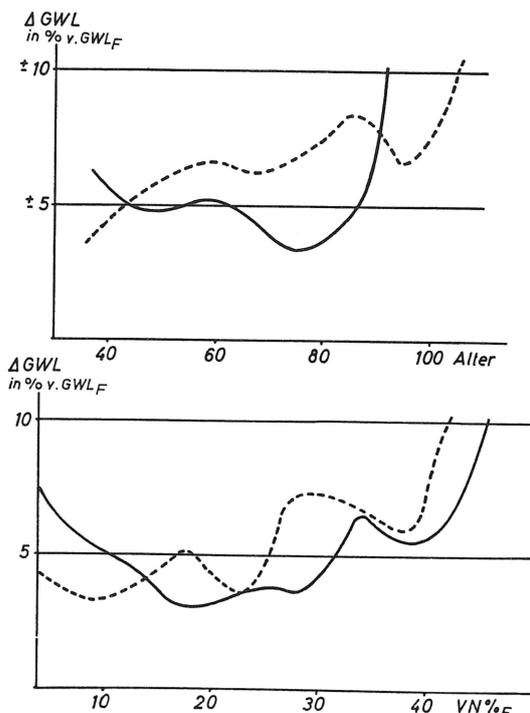


Abb. 21

Die durchschnittlichen Fehlschätzungen der Gesamtwuchsleistung über dem Alter (oben) und über dem „wirklichen“ Vornutzungsprozent (unten).

- Vergleichsflächen B 65, D 84, S 67, S 68
 - - - - - Bezugsflächen D 5, E 72, E 73, O 8, S 2, S 3

Prozent erreicht (vgl. Abb. 21 unten). Der Einfluß der Eingriffstärke auf den Schätzfehler wird allgemein vom Einfluß des Alters überdeckt.

8. Vereinfachung der Leitbeziehung

8.1 Voraussetzungen

8.11 Im Abschnitt 6.33 war festgestellt worden, daß drei der fünf unabhängigen Variablen für die Bestimmung von $VN\%$ von hochsignifikanter Wichtigkeit sind. Dies sind die Variablen $x_1 = \log A$, $x_4 = \log N$ und $x_5 = \log \Delta d\%$. Bei einer vierten Größe, der Variablen $x_3 = \log d_0$, deutet sich ein geringes, nicht signifikantes Bestimmungsgewicht an, während die Variable $x_2 = \log h_0$ nach den Prüfergebnissen in Tabelle 15 nur eine unwesentliche Bedeutung hat.

8.12 Das Prüfergebnis in Tabelle 15 ermöglicht es, die Leitbeziehung S durch Herausnahme der beiden nicht signifikanten Bestimmungsgrößen x_2 und x_3 zu vereinfachen und neben der Schätzfunktion mit fünf unabhängigen Variablen eine Beziehung mit nur drei der unabhängigen Variablen herzuleiten. Um zugleich den festgestellten geringen Einfluß des Alters auf die Verteilungsrichtung der Abweichungswerte $\Delta VN\%$ (residuals) ausschalten zu können, wurde die vereinfachte Leitbeziehung um die quadratische Variable $x_6 = \log^2 A$ erweitert.

Die Beziehung lautet damit:

$$Y = c_0 + c_1 x_1 + c_4 x_4 + c_5 x_5 + c_6 x_6 \quad (8)$$

8.2 Herleitung einer vereinfachten Leitbeziehung

8.21 In Tabelle 19 sind die wesentlichen biometrischen Kennwerte der vereinfachten Leitbeziehung K zusammengefaßt. Zunächst war zu prüfen, ob die hinzugefügte Variable x_6 ein wesentliches Bestimmungsgewicht für die Schätzung des Vornutzungsprozents hat. Das Prüfergebnis ist ebenfalls in Tabelle 19 wiedergegeben. Hiernach wird durch die Einbeziehung von x_6 die Schätzgenauigkeit der vereinfachten Leitbeziehung in signifikanter Weise verbessert.

Tabelle 19
 Die wesentlichen biometrischen Kennwerte der vereinfachten Leitbeziehung K
 (D 5, E 72, E 73, O 8, S 2, S 3)

Regr. Koeffizienten	Bestimmtheitsmaße	Bestimmungsgewicht der Variablen (addit.)
c_0	—2.97142	$F_{err.} =$
c_1	8.25894 B_{y_1}	0.5823 x_1 404.75***
c_4	—1.11004 $B_{y_{.14}}$	0.7296 x_4 102.42***
c_5	0.49295 $B_{y_{.145}}$	0.7436 x_5 10.19**
c_6	—2.40238 $B_{y_{.1456}}$	0.7707 x_6 22.00***

8.22 Eine der wesentlichen Schätzkomponenten, auf welche die vereinfachte Leitbeziehung — nach dem Prüfergebnis der Bestimmungsgewichte in Tabelle 15 — abgestellt ist, ist das Bestandesalter. Nun sind jedoch Schätzfälle denkbar, bei denen das Alter nicht bekannt ist oder aus irgend einem Grunde nicht unmittelbar bestimmt werden kann. In diesen Fällen müßte anstelle des Alters eine andere, von der Bestandesbehandlung unabhängige oder zumindest weitgehend unabhängige Größe in die Leitbeziehung eingehen. Als solche käme praktisch nur die Oberhöhe in Betracht. Nun hat die Variablenprüfung in Tabelle 15 ergeben, daß bei vorgegebenem Alter die Oberhöhe kein zusätzliches Bestimmungsgewicht für die Schätzung des Vornutzungsprozents einbringt. Dies Ergebnis ist dahingehend zu erklären, daß hier Alter und Oberhöhe gleichge-

Tabelle 20
Die wesentlichen biometrischen Kennwerte der vereinfachten Leitbeziehung H (D 5, E 72, E 73, O 8, S 2, S 3)

Regr. Koeffizienten	Bestimmtheitsmaße		Bestimmungsgewicht der Variablen (addit.)	
g_0	5.84047			$F_{err.} =$
g_2	-0.50269	B_{y_2}	0.5250	x_2 370.26***
g_4	-1.68292	$B_{y_{.24}}$	0.7338	x_4 147.29***
g_5	1.28265	$B_{y_{.245}}$	0.7525	x_5 14.08***
g_7	-0.21672	$B_{y_{.2457}}$	0.7594	x_7 5.36*

richtete Schätzkomponenten sind, die ohne wesentlichen Informationsverlust ausgetauscht werden können.

8.23 Von diesen Überlegungen ausgehend, erschien es sinnvoll, neben der beschriebenen Leitbeziehung mit dem Alter als Schätzelement eine Beziehung herzuleiten, in der das Alter durch die Oberhöhe ersetzt ist. Der x_6 -Variablen analog wurde in diese Beziehung (H) eine zusätzliche Variable $x_7 = \log^2 h_0$ eingegeben:

$$Y_H = g_0 + g_2 \cdot x_2 + g_4 \cdot x_4 + g_5 \cdot x_5 + g_7 \cdot x_7 \quad (9)$$

Die biometrischen Merkmale der vereinfachten Leitbeziehung H sind in Tabelle 20 aufgeführt. Wie das Prüfergebnis in Tabelle 20 zeigt, hat die Bestimmungsgröße x_7 den Aussagewert der H-Gleichung deutlich erhöht (das Bestimmungsgewicht von x_7 ist signifikant).

8.3 Vergleich der vereinfachten mit der ursprünglichen Leitbeziehung

8.31 Die durchschnittlichen Abweichungen der geschätzten von den „wirklichen“ Vornutzungsprozenten erreichen nach der vereinfachten Leitbeziehung K annähernd die gleichen Werte wie nach der Leitbeziehung S, soweit sie sich auf die Bezugsflächen beziehen. Bei den Vergleichsflächen sind die Abweichungswerte nach der Beziehung K z. T. etwas ungünstiger als die Werte nach S. Die durch-

schnittlichen Abweichungen $\Delta VN\%$ nach der Beziehung K sind in Tabelle 21 wiedergegeben. Der bei der Beziehung S festgestellte geringe Alterseinfluß auf die Richtung der Abweichungen ist nahezu abgebaut. Die Beziehung H wurde diesbezüglich nicht näher untersucht, dürfte sich jedoch der Beziehung K sehr ähnlich verhalten.

8.32 Die multiple Bestimmtheit ist von 0,79 (B-Wert der Leitbeziehung S) auf 0,77 (B-Wert der Leitbeziehung K) nur leicht zurückgegangen. Der B-Wert der H-Beziehung ist mit 0,76 nur etwas geringer als der von K (vgl. Tab. 19 und 20).

9. Das Schätzverfahren

Die geschilderten Untersuchungsergebnisse wurden in einem Verfahrensvorschlag zur Schätzung der wahrscheinlichen Gesamtwuchsleistung über das Vornutzungsprozent ausgewertet. Die Einzelheiten des Verfahrens sind im folgenden dargestellt.

9.1 Wahl der Leitbeziehung

Dem Schätzverfahren wurde die vereinfachte Leitbeziehung K zugrunde gelegt. Es geht somit von den Eingangsgrößen Alter, Stammzahl und Durchmesserdifferenzprozent aus.

9.2 Tabellierung der Schätzelemente

9.21 In Tabelle 1 und 2 ist der Rahmen der Ertragselemente umschrieben, den die der Leitbeziehung zugrundeliegenden Bezugsflächen sowie die Vergleichsflächen repräsentieren, an denen die Leitbeziehung überprüft wurde. Ausgehend von diesen Tabellen wurde der ertragskundliche Anwendungsbereich des Schätzverfahrens festgelegt (vgl. Tab. 22), wobei zusätzlich die Ergebnisse der Schätzfehleruntersuchung berücksichtigt wurden.

9.22 Alle wesentlichen Schätzelemente für die Herleitung von Vornutzungsprozent und Gesamtwuchsleistung werden im folgenden in kurzen Tabellenauszügen zusammengefaßt. Es ist vorgesehen, die Originaltabellen, in denen die

Tabelle 21

Durchschnittliche Abweichungswerte $\Delta VN\%$, gegliedert nach dem Alter und dem „wirklichen“ Vornutzungsprozent — vereinfachte Leitbeziehung K —

Flächengruppe	Durchschnittliche Abweichung des geschätzten vom „wirklichen“ VN% im Alter							
	30	40	50	60	70	80	90	100
Bezugsflächen	3,7	4,4	4,8	4,1	3,3	3,4	3,6	4,1
Vergleichsfl.	4,2	4,2	4,7	5,2	5,6	5,9	6,2	—
Durchschnittl. Abweidg. d. geschätzt. v. wirkl. VN% bei VN% von								
	15	20	25	30	35	40	45	50
Bezugsflächen	3,6	3,4	3,1	3,4	3,9	4,6	5,0	5,3
Vergleichsfl.	3,7	3,8	4,3	4,8	5,3	5,6	5,8	—

Tabelle 22

Schätzbereich für die Leitbeziehungen S, K und H

Alter A	Oberhöhe h_0	Oberdurchmesser d_0	Durchm.-differ. Δd	Grundfl. vbl. Best.	Ob. Schätzgr. d. VN%
31—35	12—16	16—22	5—12	23—50	38
36—40	14—19	18—25	5—12	24—58	40
41—45	16—22	20—28	6—13	26—65	42
46—50	19—26	23—32	6—14	28—70	44
51—60	22—30	26—36	7—14	31—74	45
61—70	25—33	30—42	7—15	35—77	46
71—80	27—36	34—48	7—15	40—79	46
81—90	29—38	39—53	7—15	45—81	47
91—100*	30—40*	44—58*	7—16*	50—82*	47*

* Schätzwerte unsicher

Tabelle 23

Tafel zur Bestimmung des Durchmesserdifferenzprozents $\Delta d\%$ aus dem Oberdurchmesser und der Durchmesserdifferenz $d_0 - d_m$

Oberdurchmesser	$\Delta d\%$ bei einer Durchmesserdifferenz von . . . cm												
	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
15	33.3	40.0	46.7	53.3	—	—	—	—	—	—	—	—	—
20	25.0	30.0	35.0	40.0	45.0	50.0	—	—	—	—	—	—	—
25	—	—	28.0	32.0	36.0	40.0	44.0	48.0	—	—	—	—	—
30	—	—	23.3	26.7	30.0	33.3	36.7	40.0	—	—	—	—	—
35	—	—	—	22.9	25.7	28.6	31.4	34.3	37.1	40.0	—	—	—
40	—	—	—	20.0	22.5	25.0	27.5	30.0	32.5	35.0	—	—	—
45	—	—	—	—	20.0	22.2	24.4	26.7	28.9	31.1	33.3	—	—
50	—	—	—	—	—	20.0	22.0	24.0	26.0	28.0	30.0	32.0	—
55	—	—	—	—	—	—	20.0	21.8	23.6	25.5	27.3	29.1	30.9
60	—	—	—	—	—	—	—	20.0	21.7	23.3	25.0	26.7	28.3

Tabelle 24

Tafel zur Herleitung des Schätzwertes für das Vornutzungsprozent nach der vereinfachten Leitbeziehung K

Eingangsgrößen: Alter, Stammzahl/ha, Durchmesserdiffereenzprozent

Teil-Tab. I: Schätzelemente für das Alter (K_A)

A-Jahr-zehnt	Schätzelemente bei einem Alter von . . .									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
3	3.9864	4.0024	4.0172	4.0304	4.0424	4.0534	4.0632	4.0721	4.0802	4.0875
4	4.0940	4.0998	4.1048	4.1093	4.1131	4.1164	4.1193	4.1216	4.1234	4.1248
5	4.1258	4.1265	4.1266	4.1267	4.1264	4.1257	4.1247	4.1235	4.1220	4.1203
6	4.1183	4.1162	4.1138	4.1112	4.1084	4.1055	4.1024	4.0993	4.0957	4.0921
7	4.0885	4.0847	4.0806	4.0767	4.0725	4.0681	4.0638	4.0593	4.0548	4.0501
8	4.0453	4.0404	4.0356	4.0306	4.0255	4.0203	4.0151	4.0098	4.0045	3.9991
9	3.9938	3.9883	3.9827	3.9771	3.9716	3.9659	—	—	—	—

Teil-Tab. II: Schätzelemente für das Durchmesserdiffereenzprozent ($K_{\Delta d\%}$)

$\Delta d\%$ -Dek.	Schätzelement bei einem Durchmesserdiffereenzprozent von									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	0.4930	0.5134	0.5320	0.5492	0.5650	0.5798	0.5936	0.6066	0.6189	0.6304
2	0.6414	0.6518	0.6618	0.6713	0.6804	0.6892	0.6976	0.7057	0.7135	0.7210
3	0.7282	0.7353	0.7421	0.7486	0.7550	0.7612	0.7673	0.7731	0.7788	0.7844
4	0.7898	0.7951	0.8003	0.8053	0.8102	0.8150	0.8198	0.8243	0.8288	0.8333
5	0.8376	0.8418	0.8460	0.8501	0.8541	0.8580	0.8619	0.8657	0.8694	0.8731

Teil-Tab. III: Schätzelemente für die Stammzahl/ha (K_N) — Abziehen! —

N-Tausd.	Schätzelement bei einer Stammzahl/ha von									
	000	100	200	300	400	500	600	700	800	900
0	—	—	—	2.7497	2.8884	2.9960	3.0839	3.1582	3.2225	3.2793
1	3.3301	3.3761	3.4180	3.4566	3.4923	3.5256	3.5567	3.5859	3.6135	3.6395
2	3.6643	3.6878	3.7102	3.7317	3.7522	3.7718	3.7908	3.8089	3.8265	3.8434
3	3.8597	3.8755	3.8909	3.9057	3.9201	3.9341	3.9476	3.9608	3.9737	3.9862
4	3.9984	4.0103	4.0220	4.0333	4.0444	4.0552	4.0658	4.0762	4.0863	4.0963

Teil-Tab. IV: Transformation der Schätzelement-Größen $\log VN\% = K_A + K_{\Delta d\%} - K_N$ in Schätzwerte für das Vornutzungsprozent

VN%-Dek.	Schätzelement-Summen bei einem Vornutzungsprozent von									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	—	—	—	—	—	0.700	0.778	0.845	0.903	0.954
1	1.000	1.041	1.079	1.114	1.146	1.176	1.204	1.230	1.255	1.279
2	1.301	1.322	1.342	1.362	1.380	1.398	1.415	1.431	1.447	1.462
3	1.477	1.491	1.505	1.519	1.531	1.544	1.556	1.568	1.580	1.591
4	1.602	1.613	1.623	1.633	1.643	1.653	1.663	1.672	1.681	1.690
5	1.6990	1.7076	1.7160	1.7243	1.7324	1.7404	—	—	—	—

einzelnen Schätzgrößen in sehr dichter Wertfolge tabelliert sind, in einem gesonderten Tabellenteil zu veröffentlichen. Dieser wird auch die Schätzelemente für eine Vornutzungsprozent-Schätzung über die Oberhöhe (Leitbeziehung H) enthalten.

9.23 In Tabelle 24 sind die einzelnen Schätzelemente der Leitbeziehung K aufgeführt. Die VN%-Schätzung anhand dieser Tabelle veranschaulicht das folgende Beispiel:

VN%-Schätzung einer Fläche, auf der nachstehende Bestimmungsgrößen ermittelt wurden:

Alter A = 76 Jahre
 Durchmesserdiffereenzprozent $\Delta d\%$ = 26,0
 Stammzahl N/ha = 800

Das Durchmesserdiffereenzprozent kann über die Eingangsgrößen Oberdurchmesser und Durchmesserdiffereenz $d_o - d_m$ aus Tabelle 23 leicht bestimmt werden.

Für diese Werte finden wir in Tabelle 24 folgende Schätzelemente:

1. Für A in Teil-Tab. I	: + 4.0638
2. für $\Delta d\%$ in Teil-Tab. II	: + 0.6976
3. für N in Teil-Tab. III	: — 3.2225
Alle Schätzelemente zusammen	: 4.7614 — 3.2225 = 1.5389

Laut Teil-Tabelle IV entspricht der Wert 1.539 einem Schätzwert für das Vornutzungsprozent von rund 35.

In Tabelle 25 sind die Vornutzungsprozent-Schätzwerte für verschiedene Kombinationen von N und $\Delta d\%$ für die Bestandesalter 30, 60 und 90 angegeben.

9.24 Tabelle 27 ermöglicht es auf einfache Weise, über den Schätzwert des Vornutzungsprozentes unmittelbar die wahrscheinliche Gesamtwuchsleistung herzuleiten. Voraussetzung hierfür ist jedoch die Kenntnis des stehenden Vorrats. Die drei Größen $VN\%_S$, V_F und GWL_S stehen zueinander in der Beziehung $GWL_S = 100 V_F / (100 - VN\%_S)$ (vgl. Abschnitt 6.4). Über die Eingangsgrößen Schaftholzvorrat (vgl. Bestand) und Umwandlungsfaktor läßt sich die Gesamtwuchsleistung leicht bestimmen (vgl. Tab. 27). Hierbei ist der Umwandlungsfaktor $u = 100 / (100 - VN\%)$:

$$\text{Gesamtwuchsleistung} = \text{Schaftholzvorrat} \times \text{Umwandlungsfaktor.}$$

In Tabelle 28 ist zusätzlich eine Tafel zur Bestimmung der Gesamtwuchsleistung aus Vorrat und Vornutzungsprozent auszugsweise wiedergegeben.

Der Bestand im vorstehenden Beispiel hat einen Vorrat von 916 Vfm. Seine wahrscheinliche Gesamtwuchsleistung

m Alter 76 beträgt lt. Tab. 27 1409 Vfm S. (Eingangsgroßen V = 916 Vfm S, VN% = 35)

Tabelle 25

Vornutzungsprozent-Schätzwerte für die Bestandesalter 30, 60 und 90, gegliedert nach Stammzahl/ha und Durchmesserdifferenzprozent

I. Bestandesalter 30

Stammzahl	Durchmesserdifferenzprozent					
	30	35	40	45	50	55
5000	—	—	4.7	5.0	5.2	5.5
4000	—	5.6	6.0	6.4	6.7	—
3500	—	6.5	7.0	7.4	—	—
3000	7.2	7.7	8.3	8.7	—	—
2500	8.8	9.5	10.1	—	—	—

II. Bestandesalter 60

Stammzahl	Durchmesserdifferenzprozent					
	20	25	30	35	40	45
2000	—	—	—	16.4	17.5	18.6
1500	—	—	20.9	22.6	24.1	—
1250	—	23.4	25.6	27.7	—	—
1000	26.9	30.0	32.8	—	—	—
750	37.0	41.3	—	—	—	—

II. Bestandesalter 90

Stammzahl	Durchmesserdifferenzprozent					
	15	18	21	24	27	30
800	—	—	—	28.3	30.0	31.6
700	—	—	30.7	32.8	34.8	36.6
600	—	33.8	36.5	38.9	41.3	—
500	—	41.4	44.7	47.6	—	—
400	48.4	53.0	57.2	—	—	—

Tabelle 26

Schätzung des Vornutzungsprozents von fünf Fichtenbeständen

Bestand Nr.	Alter A	K _A s. Teil-Tab. I	Δ d ⁰ / ₀	K _{Δd} ⁰ / ₀ s. Teil-Tab. II	N/ha	K _N s. Teil-Tab. III	K _A + K _{Δd} ⁰ / ₀ - K _N	VN ⁰ / ₀ s. Teil-Tab. IV
1	31	4.0024	38	0.7788	4100	4.0103	0.7709	5.9
2	49	4.1248	33	0.7486	1900	3.6395	1.2339	17.1
3	68	4.0957	20	0.6414	700	3.1582	1.5789	37.9
4	77	4.0593	22	0.6618	600	3.0839	1.6372	43.4
5	88	4.0045	17	0.6066	500	2.9960	1.6151	41.2

Tabelle 27

Umwandlungsfaktoren für die Herleitung des Schätzwertes der Gesamtwuchsleistung

VN ⁰ / ₀ -Dek.	Umwandlungsfaktor bei einem Vornutzungsprozent von									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	—	—	—	—	—	1.053	1.064	1.075	1.087	1.099
1	1.111	1.124	1.136	1.149	1.163	1.176	1.190	1.205	1.220	1.235
2	1.250	1.266	1.282	1.299	1.316	1.333	1.351	1.370	1.389	1.408
3	1.429	1.449	1.471	1.493	1.515	1.538	1.563	1.587	1.613	1.639
4	1.667	1.695	1.724	1.754	1.786	1.818	1.852	1.887	1.923	1.961
5	2.000	2.041	2.083	2.128	2.174	2.222	—	—	—	—

Tabelle 28

Tafel zur Bestimmung der Gesamtwuchsleistung über Vorrat und Vornutzungsprozent

Vorrat Vfm S	Gesamtwuchsleistung bei einem Vornutzungsprozent von										
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55
100	105	111	118	125	133	143	154	167	182	—	—
200	211	222	235	250	267	286	308	333	364	400	—
300	316	333	353	375	400	429	462	500	545	600	667
400	—	444	471	500	533	571	615	667	727	800	889
500	—	—	—	625	667	714	769	833	909	1000	1111
600	—	—	—	750	800	857	923	1000	1091	1200	1333
700	—	—	—	—	933	1000	1077	1167	1273	1400	1556
800	—	—	—	—	1067	1143	1231	1333	1455	1600	1778
900	—	—	—	—	—	1286	1385	1500	1636	1800	—
1000	—	—	—	—	—	1429	1538	1667	1818	2000	—

9.3 Einzelheiten des Schätzverfahrens

Die Schätzmethode sieht folgende Schritte vor:

1. Feststellung, ob der zu schätzende Bestand in den Anwendungsbereich der Schätzmethode fällt (vgl. Abb 2 und Tab. 22)
2. Feststellung der waldgeschichtlichen, vegetationskundlich-standortskundlichen und waldbaulichen Befundeinheit; Innerhalb einer Schätzfläche sollten
 - a) die Vorbestandsverhältnisse
 - b) potentielle Standortsproduktivität, aktueller Standortzustand und Nachbarschaftswirkung
 - c) Pflanzenherkunft, Gesundheitszustand, Begründungsart, waldbauliche Behandlung, insbesondere Pflegegrad, -art und -turnus und die soziale Struktur übereinstimmen.
3. Vollklappung (oder repräsentative Stichprobenklappung). Ermittlung der Stammzahlverteilung über dem Durchmesser. Nach Möglichkeit sollte hierbei eine schmale d-Klassierung, etwa 1 cm- oder 2 cm-Durchmesserstufen, zugrunde gelegt werden.
4. Ermittlung der Bestimmungsgrößen

- a) Bestandesalter A
- b) Stammzahl/ha N
- c) Oberdurchmesser d_o (= Durchmesser des Grundflächenmittelstammes der 100 stärksten Bäume pro ha)
- d) Mitteldurchmesser d_m (= Durchmesser des Bestandes-Grundflächenmittelstammes)
- e) Durchmesserdifferenzprozent $\Delta d\% = \frac{d_o - d_m}{d_o} \cdot 100$ vgl. Tab. 23
- f) Oberhöhe h_o (= Höhe des Grundflächenmittelstammes der 100 stärksten Bäume pro ha) h_o-Ermittlung nur erforderlich, falls Anwendung der Leitbeziehung H vorgesehen ist.

5. Möglichst genaue Bestimmung des Bestandesvorrates in Vfm S (Schaftholzvolumen)
6. Herleitung des Schätzwertes für das Vornutzungsprozent aus Tabelle 24
7. Herleitung der wahrscheinlichen Gesamtwuchsleistung in Vfm (Schaftholz) aus Tabelle 27 oder 28 mit den Eingangsgrößen Bestandesvorrat (Schaftholzvolumen) und Vornutzungsprozent.

In Tabelle 26 ist die Schätzmethode am Beispiel von 5 Flächenaufnahmen dargestellt.

10. Zusammenfassung und Schlußbetrachtung

1. Vor etwa drei Jahren wurden im Institut für Ertragskunde der Forstlichen Forschungsanstalt München orientierende Untersuchungen über Möglichkeiten zur „bestandesindividuellen“ Schätzung der Gesamtwuchsleistung einmalig aufgenommener Fichten-Probeflächen durchgeführt. Hierbei wurde festgestellt, daß das sog. Durchmesser-Differenzprozent $\Delta d\% = 100 (d_o - d_m) / d_o$ niederdurchforsteter Bestände einen hohen Weiserwert zur Ermittlung des örtlichen Vornutzungsprozentes hat (ASSMANN 1959 a und 1959 b). Dies sehr wesentliche Arbeitsergebnis gab Veranlassung, die Untersuchungen auf breiterer Grundlage fortzuführen. Über die Ergebnisse wird in der vorliegenden Arbeit berichtet.

2. Die Untersuchungen wurden am Material der sechs langfristig beobachteten Fichten-Versuchsreihen Denklingen 5, Eglharting 72 und 73, Ottobeuren 8 sowie Sachsenried 2 und 3 durchgeführt. Jede dieser Versuchsreihen hat eine A-, B- und C-Grad-Fläche, so daß insgesamt 18 Einzelflächen zur Verfügung standen. Die Gesamtzahl der Flächenaufnahmen betrug 191.

3. Zunächst wurden die Beziehungen der Durchmesser-differenz ($d_o - d_m$) und des Durchmesser-differenzprozentes ($\Delta d\%$) zum Bestandesalter (A), der Oberhöhe (h_o), dem Oberdurchmesser (d_o), der Stammzahl/ha (N) und dem Vornutzungsprozent (VN%) untersucht. Ein regressionsanalytischer Vergleich ergab flächentypische Beziehungen zwischen dem Durchmesser-differenzprozent und dem Vornutzungsprozent mit hohen linearen Bestimmtheiten. Sowohl zwischen den Vergleichsflächen einer Flächenreihe als auch zwischen Flächen vergleichbarer Eingriffsstärke aus verschiedenen Flächenreihen bestehen i. d. R. signifikante Unterschiede in der Regression, die eine Zusammenfassung zu einer Gesamtbeziehung ausschließen.

4. Die Beziehung zwischen $\Delta d\%$ und VN% wird durch „verdeckte Variable“, z. B. die vier Ertrags-elemente A, h_o , d_o und N, mitbestimmt. Werden die vier Bestimmungsgrößen konstant gehalten, so unterscheiden sich die partiellen Beziehungen ($\Delta d\% / \text{VN}\%$) auch zwischen den drei Behandlungsgruppen A, B und C nicht mehr signifikant. Damit ist eine wesentliche Voraussetzung für eine Zusammenfassung zu einer gemeinsamen Leitbeziehung gegeben.

5. Durch Ausgleich mittels Potenzfunktionen wurden multiple Schätzbeziehungen für VN% in Abhängigkeit von den fünf Variablen A, h_o , d_o , N und $\Delta d\%$ für die drei Behandlungsgruppen getrennt und für alle Behandlungsgruppen gemeinsam hergeleitet. Die vier Beziehungen haben hohe Bestimmtheiten, an denen die fünf unabhängigen Variablen mit sehr unterschiedlichen, in den einzelnen Beziehungen verschiedenen Gewichten beteiligt sind. Die wichtigsten Bestimmungsgrößen sind die Variablen A, N und $\Delta d\%$.

6. Alle vier Regressionen haben günstige Streuungsgrößen. Bei Anwendung der gemeinsamen Leitbeziehung zei-

gen etwa 69 Prozent aller geschätzten VN%-Flächenwerte eine hohe, im Rahmen von $\pm 5 \Delta \text{VN}\%$ liegende Übereinstimmung mit den „wirklichen“ Vornutzungsprozentsen. Nur 3 Prozent aller Schätzwerte fallen außerhalb des oberen Abweichungsrahmens von $\pm 10 \Delta \text{VN}\%$. Nach Umrechnung auf Schätzwerte der Gesamtwuchsleistung ergaben sich bei ca. 77 Prozent der Schätzwerte Abweichungen unter ± 10 Prozent.

7. Eine Überprüfung am Material der Fichten-Versuchsreihen Betzigau 65, Denklingen 84, Sachsenried 67 und 68 bestätigte den hohen Weiserwert der Leitbeziehung.

8. Durch Streuungserlegung wurde die Wichtigkeit der fünf unabhängigen Variablen der Leitbeziehung für die Bestimmung des Vornutzungsprozentes geschätzt. Die biometrische Prüfung ergab, daß bei vorgegebenem Alter das Bestimmungsgewicht der Variablen $x_2 = \log h_o$ und $x_3 = \log d_o$ gering ist. Eine unter Fortlassung dieser Größen hergeleitete vereinfachte Leitbeziehung ergab eine nur etwas geringere multiple Bestimmtheit und, nach Eingabe einer quadratischen Altersvariablen, eine günstigere Verteilung der $\Delta \text{VN}\%$ -Abweichungswerte, insbesondere in den mittleren und oberen Kurvenbereichen, als die ursprüngliche Leitbeziehung. Alter und Oberhöhe sind gleichgerichtete Variablen, die ohne großen Informationsverlust ausgetauscht werden können. Dies ermöglicht die Herleitung einer zweiten vereinfachten Leitbeziehung mit der Eingangsgröße h_o anstelle von A und etwa gleichbleibendem Informationswert.

9. Die Schätzwerte des Vornutzungsprozentes wurden in Abhängigkeit von den in die Rechnung eingegangenen Bestimmungsgrößen tabelliert. Hierbei wurde die vereinfachte Leitbeziehung K mit den Ertrags-elementen Alter, Stammzahl und Durchmesser-differenzprozent zugrunde gelegt. Neben einer Übersichtstabelle mit verhältnismäßig breiten Interpolationsintervallen wurde ein Tabellensystem mit vier Teil-Tabellen entwickelt, das eine genaue Schätzung des Vornutzungsprozentes ermöglicht. Eine Tabelle zur Umrechnung der Vornutzungsprozente bei gegebenem Vorrat in Schätzwerte der Gesamtwuchsleistung (in Vfm Schaftholz) beschließt den Tabellenteil.

10. Anhand der Schätztabellen wird ein Verfahren zur einfachen und sicheren Bestimmung der wahrscheinlichen Gesamtwuchsleistung über das Vornutzungsprozent für einmalig aufgenommene Fichten-Probeflächen hergeleitet und an Schätzbeispielen erläutert. Der Anwendungsbereich der Tabellen ist auf den südbayerischen Raum beschränkt.

11. Der praktische Anwendungsbereich des Schätzverfahrens ist groß. Ausgehend von den GWL-Schätzwerten standortsgleicher Probeflächen mit vergleichbarer Behandlung kann z. B. das örtliche Ertragsniveau, die Beziehung zwischen der Mittel- bzw. Oberhöhe und der Gesamtwuchsleistung standortstypischer Wuchsreihen nach der Definition ASSMANN'S (1955), schnell und mit recht hoher Genauigkeit hergeleitet werden. Wie bereits an anderer Stelle beschrieben (ASSMANN 1955 und 1961), lassen sich aus solchen Ertragsniveau-Kurven die laufenden und die durchschnittlichen Zuwächse für vorgegebene Altersintervalle ohne Schwierigkeiten ableiten. Nach Einbeziehung einiger leicht bestimmbarer Teilbeziehungen aus dem Material der einmaligen Aufnahme ist auch die Gewinnung der Ertrags-elemente mittlerer Durchmesser, Bestandesgrundfläche, mittlere Formhöhe und Bestandesstammzahl und deren Veränderungen als Erwartungswerte des Alters kein Problem mehr.

12. Die Schätzgenauigkeit des Verfahrens dürfte ausreichend sein, um auch vergleichende Untersuchungen der Gesamtwuchsleistung oder eines langperiodischen Zuwachses von Einzelflächen zu ermöglichen, bei denen z. T. nur geringe, jedoch systematische Differenzen festgestellt werden sollen. Hierzu gehören z. B. Gegenüberstellungen von Bestandesdichte und Volumenleistung. Ein wichtiges Anwendungsgebiet des Schätzverfahrens ergibt sich hieraus für die Ermittlung von Optimumwerten der Bestockungsdichte für bestimmte waldbauliche und forsteinrichtungstechnische Befundheiten, z. B. für einzelne Standorteinheiten oder für Gruppen leistungsverwandter Standorte. Hierfür wäre jedoch eine größere Anzahl von Flächenaufnahmen erforderlich. Die Brauchbarkeit des Schätzverfahrens für den geschilderten Anwendungsbereich wurde in der vorliegenden Arbeit nicht näher untersucht, weil dies deren Rahmen erheblich überschreiten würde.

13. Aus dem gleichen Grund wurde den z. T. flächentypischen Abweichungen der geschätzten von den „wirklichen“ Vornutzungsprozentsen, nicht näher nachgegangen. Eine ins einzelne gehende Untersuchung insbesondere der größeren Abweichungen würde wahrscheinlich zu einer Klärung wesentlicher Streuungsursachen führen. In früheren Arbeiten ASSMANNs, denen das Material der gleichen Versuchsflächen zugrunde liegt, wurde bereits festgestellt, daß ein Teil der Flächen im Laufe der Beobachtungszeit wechselnden Einflüssen ausgesetzt war, die nicht oder nur sehr mittelbar mit ihrer waldbaulichen Behandlung zusammenhängen. Nach den Ergebnissen der Schätzfehleruntersuchung ist anzunehmen, daß z. B. veränderte Klimaeinflüsse oder Bestandesschädigungen, etwa durch Schneebruch, Schäfung und Rotfäule, sofern sie nur genügend ausgeprägt sind, die Position des Schätzwertes zum „wirklichen“ VN%-Wert verändern. Die Leitbeziehung fängt diese Veränderungen zwar so weit auf, daß die absoluten Fehlschätzungen gering bleiben, sie kann sie jedoch nicht gänzlich und nicht in einem flächenspezifischen Sinne eliminieren. Hierbei zeigt sich, daß die Leitbeziehung zwar vergleichsweise gut anpassungsfähig ist, daß sie andererseits aber auch mit den typischen Merkmalen einer regionalen Durchschnittsbeziehung belastet ist.

Summary

Title of the paper: *Diameter Difference Per Cent and Increment Per Cent.*

A method is described which permits the assessment of the intermediate felling per cent and the total yield of spruce stands from only one estimation of increment indicators. The method was developed by regression analysis of 191 estimates in six experimental series. The method was tested with 83 sample plot measurements. The validity of the indicators is restricted to South Bavaria.

The differences between the upper diameter $d_{0(100)}$ and the mean diameter d_m , the so-called diameter difference per cent, is a very accurate indicator of the intermediate yield per cent in even-aged, low thinned spruce stands with given parameters (age, top height, number of trees).

1. Literaturverzeichnis

ASSMANN, E.: Zur Ertragstafelfrage. Forstwiss. Centralblatt 68, 14—430. 1949. — ASSMANN, E.: Bestockungsdichte und Holzerzeugung. Forstwiss. Cbl. 72, 69—101. 1953. — ASSMANN, E.: Grundflächenhaltung und Zuwachsleistung bayerischer Fichtendurchforstungsreihen. Forstwiss. Cbl. 73, 257—271. 1954. — ASSMANN, E.: Zur Bonitierung süddeutscher Fichtenbestände. Allg. Forstzeitschr. 10, 61—64. 1955 a. — ASSMANN, E.: Die Bedeutung des „erweiterten Eichhorn-Gesetzes“ für die Konstruktion von Fichten-Ertragstafeln.

Forstwiss. Cbl. 74, 321—330. 1955 b. — ASSMANN, E.: Natürlicher Bestockungsgrad und Zuwachs. Forstwiss. Cbl. 75, 257—265. 1956 a. — ASSMANN, E.: Betriebsklassenmodelle. Allg. Forst- u. Jagdztg. 127, 85—90. 1956 b. — ASSMANN, E.: Tafeln zur Abschätzung des bisherigen Vornutzungsprozentes von niederdurchforsteten Fichtenbeständen auf Grund der Differenz zwischen Ober- und Mitteldurchmesser. Manuskript, unveröffentlicht. 1959 a. — ASSMANN, E.: Höhenbonität und wirkliche Ertragsleistung. Forstwiss. Cbl. 78, 1—20. 1959 b. — ASSMANN, E.: Zur Verbesserung der Ertragsprognose. Allg. Forst- u. Jagdztg. 130, 92—95. 1959 c. — ASSMANN, E.: Waldertragskunde. 490 S., München, Bonn, Wien, BLV-Verlagsgesellschaft. 1961. — BRUCE, D., und SCHUMACHER, F. X.: Forest Mensuration. 3. Aufl., 483 S., New York, Mc. Graw-Hill Book Co, Inc. 1950. — CAJANUS, W.: Über die Entwicklung gleichaltriger Waldbestände. Acta Forestalia Fennica. 1914. — CHAPMAN, H. H., und MEYER, W. H.: Forest Mensuration. 522 S., New York, Toronto, London, Mc. Graw-Hill Book, Co., Inc. 1949. — EH, H.: Über das Wachstum der Fichte im Bereich verschiedener Standortseinheiten des ober-schwäbischen Jungmoränengebiets, untersucht im Altdorfer Wald. Allg. Forst- u. Jagdztg. 133, 177—194, 213—222. 1962. — ERTELD, W.: Ertragskundliche Merkmale einiger norddeutscher Kiefernwaldgebiete. Archiv f. Forstwesen 3, 432—440. 1954. — ERTELD, W.: Grundflächenschluß und Zuwachs bei Kiefer, Fichte und Buche. Wiss. Abh. d. DAL zu Berlin Nr. 21, 178 S., Berlin, Akademie-Verlag. 1957. — ERTELD, W.: Untersuchungen über Leistung und Entwicklung der Kiefer bei verschiedener Behandlung. Archiv f. Forstwesen 9, 326—363. 1960. — ETTER, H.: Über die Ertragsfähigkeit verschiedener Standortstypen. Mitt. d. Schweiz. Anst. f. d. forstl. Versuchswesen 26, Heft 1. 1949. — EZEKIEL, M.: Methods of correlation analysis. 2. Aufl., New York, J. Wiley & Son Inc. 1956. — FRANZ, F.: Standort und Ertragsleistung bei der Kiefer. In: Tagungsbericht Nr. 26 der DAL zu Berlin, S. 97—122. 1960. — FRANZ, F., KOPP, D., und PAGEL, H. U.: Standortskundlich-ertragskundliche Untersuchungen an der Kiefer auf einigen wirtschaftlich wichtigen Standorten des norddeutschen Tieflandes. Manuskriptdruck, 327 S., Veröff. vorbereitet. 1960. — GEBELEIN, M., und HEITE, H. J.: Statistische Urteilsbildung. 192 S., Berlin, Göttingen, Heidelberg, Springer-Verlag. 1951. — GEHRHARDT, E.: Eine neue Fichten-Ertragstafel. Allg. Forst- u. Jagdztg. 97, 241—246. 1921. — GÜNTHER, M.: Untersuchungen über das Ertragsvermögen der Hauptholzarten im Bereich verschiedener Standortseinheiten des württembergischen Neckarlandes. Mitt. d. Ver. f. forstl. Standortskartierung Nr. 4, 5—31. 1955. — KERN, K. G.: Untersuchungen über den Wachstumsgang der Kiefer im Buntsandsteingebiet des Pfälzer Waldes. Allg. Forst- u. Jagdztg. 129, 69—89. 1958. — KOPP, D.: Über ertragskundliche Untersuchungen auf standörtlicher Grundlage im norddeutschen Tiefland. Vortrag, unveröffentlicht. 1955. — KRENN, K.: Durchforstungskriterium für Fichte. Schriftenreihe der Badischen Forstlichen Versuchsanstalt, H 1, 15 S. 1946 a. — KRENN, K.: Ertragstafeln der Fichte. Schriftenreihe d. Bad. Forstl. Versuchsanstalt, H 3. 1946 b. — KRENN, K.: Durchforstungskriterien der wichtigsten Holzarten. Schriftenreihe d. Bad. Forstl. Versuchsanstalt, H 5, 25 S. 1947. — KRAMER, H.: Ertragskundliche Voraussetzungen der dynamischen Bonitierung für unsere Hauptholzarten. Der Forst- u. Holzwirt 17, 428—430. 1962. — LÖNNROTH, E.: Untersuchungen über die innere Struktur und Entwicklung gleichaltriger naturnormaler Kiefernbestände. Acta Forestalia Fennica 30, 1—269. 1926. — LINDER, A.: Statistische Methoden für Naturwissenschaftler, Mediziner und Ingenieure. 3. Aufl., 484 S., Basel u. Stuttgart, Birkhäuser-Verlag. 1960. — MAGIN, R.: Möglichkeiten der dynamischen Bonitierung im Hinblick auf die künftige Einheitsbewertung. Allg. Forstzeitschr. 10, 122—124. 1955. — MAGIN, R.: Über die Brauchbarkeit des forstlichen Bonitätsbegriffes. Allg. Forst- u. Jagdztg. 129, 145—150. 1958. — MAGIN, R.: Standortgerechte Ertragsermittlung als Teil der Forsteinrichtung. Allg. Forstzeitschr. 18, 128—130. 1963. — MITSCHERLICH, G.: Sortenertragstafeln für Kiefer, Buche und Eiche. Mitt. aus Forstwirtschaft und Forstwissenschaft 10, 484—568. 1939 a. — MITSCHERLICH, G.: Sortenertragstafeln für die Fichte. Mitt. aus Forstwirtschaft und Forstwissenschaft 10, 569—583. 1939 b. — MITSCHERLICH, G.: Die Bedeutung der Wuchsgebiete für das Bestandeswachstum von Fichte und Douglasie. Forstwissensch. Cbl. 69, 27—51. 1950. — MITSCHERLICH, G.: Zur Frage der dynamischen Bonitierung. Allg. Forstzeitschr. 10, 175—177. 1955. — MITSCHERLICH, G.: Das Wachstum der Fichte in Baden. Schriftenreihe d. Bad. Forstl. Versuchsanstalt, H. 14, 86 S. 1958. — MITSCHERLICH, G.: Untersuchungen über das Wachstum der Fichte in den ehemals preußischen Landesteilen von Rheinland-Pfalz. Allg. Forst- u. Jagdztg. 130, 256—262. 1959. — MITSCHERLICH, G.: Zu den ertragskundlichen Erhebungen bei der Standortskartierung in Rheinland-Pfalz. Allg. Forst- u. Jagdztg. 131, 64—67. 1960. — MOOSMAYER, H. U.: Zur ertragskundlichen Auswertung der Standortsgliederung im Ostteil der Schwäb. Alb. Mitt.

d. Ver. f. Forstl. Standortskunde und Forstpflanzenzüchtung, Nr. 7, 41 S. 1957. — MÜLLER, G.: Über Gesetzmäßigkeiten im Wachstumsgang von reinen, gleichaltrigen Fichtenbeständen unter besonderer Berücksichtigung verschiedener Durchforstungsstärken. 73 S., Diss. Freiburg. 1957. — PETERSON, H.: Die Massenproduktion des Nadelwaldes. Medd. fr. Stat. Skogsforskningsinstitut Bd. 45, H. 1, 189 S. 1955. — PFEILSTICKER, K. H.: Vorratsfortschreibung. Allg. Forstzeitschrift 15, 453—455. 1960. — PRODAN, M.: Der Aufbau des Holzvorrates in Fichtenbeständen. Schriftenreihe d. Bad. Forstl. Vers.-Anstalt H. 4, 21 S. 1946. — PRODAN, M.: Messung der Waldbestände. 260 S., Frankfurt/M., J. D. Sauerländer's Verlag. 1951. — PRODAN, M.: Die Verteilung des Vorrates gleichaltriger Hochwaldbestände auf Durchmesserstufen. Allg. Forst- u. Jagdztg. 124, 93—106. 1953. — PRODAN, M.: Zur Durchführung von Repräsentativaufnahmen. Allg. Forst- u. Jagdztg. 126, 117—124. 1955. — PRODAN, M.: Zwischen schwacher und starker Durchforstung. Allg. Forstzeitschrift 11, 377—380. 1956 a. — PRODAN, M.: Möglichkeiten der Zuwachsermittlung. Int. Verb. Forstl. Forsch.-Anstalten, 12. Kongreß, Oxford 1956, Referatensammlung Sekt. 25. 1956 b. — PRODAN, M.: Leistungskontrolle und Fortschreibung. Allg. Forstzeitschr. 14, 225—229. 1959. — PRODAN, M.: Zur Lochkarten- und Elektronenauswertung in der Forstwirtschaft. In: Forstwissenschaft im Dienste der Praxis, S. 138—148, München, Basel, Wien, BLV-Verlag. 1961. —

PRODAN, M.: Forstliche Biometrie. 432 S., München, Bonn, Wien, BLV-Verlag. 1961 a. — RÄTZEL, K.: Die Ergebnisse eines Lärchenschwarzwalddurchforstungsversuches im Forstbezirk Mittelberg im Nord-schwarzwald. Allg. Forst- u. Jagdztg. 132, 177—186. 1961. — SCHMITT, R., und SCHNEIDER, B.: Die Aufstellung von Massentafeln nach der Methode der kleinsten Quadrate. Mitt. d. Hess. Landesforstverwaltung, Bd. 2, 56 S. 1959. — STRAND, L.: Nøyaktigheten ved noen metoder til bestemmelse av kubikk- og tilvekstmassen på prøveflater. Medd. f. d. Norske Skogforsøksvesen Nr. 52, S. 279—392. 1959. — VANSELOW, K.: Fichtenertragstafel für Südbayern. Untersuchungen über Zuwachs, Ertrag, Stammformen und Struktur reiner Fichtenbestände in Südbayern. Forstwiss. Cbl. 70, 409—445. 1951. — WEBER, E.: Grundriß der biologischen Statistik. 456 S., Jena, Gustav Fischer-Verlag. 1956. — WEIHE, J.: Das Wachstum der Fichte nach den badischen Versuchsflächen. Schriftenreihe der Bad. Forstl. Versuchsanstalt Bd. 11, 85 S. 1955. — WERNER, H.: Untersuchungen über das Wachstum der Hauptholzarten auf den wichtigsten Standortseinheiten der Mittleren Alb. Mitt. d. Ver. f. Forstl. Standortskunde u. Forstpflanzenzüchtung, Nr. 12, S. 3—52. 1962. — WIEDEMANN, E.: Ertragstafeln der wichtigen Holzarten. 100 S., Hannover, Verlag M. u. H. Schaper. 1949. — ZIMMERLE, A.: Beiträge zur Priologie der Fichte in Württemberg. Mitt. d. Württ. Forstl. Vers.-Anstalt, Bd. 8, 143 S. 1947.

Definitionen betriebswirtschaftlicher Grundbegriffe des Rechnungswesens

(Aus dem Institut für Forsteinrichtung und forstliche Betriebswirtschaft der Universität Freiburg i. Br.).

Von H. D. BRABÄNDER

I. Vorbemerkung

Die erfolgreiche Anwendung betriebswirtschaftlicher Grundbegriffe des Rechnungswesens setzt die Kenntnis des von ihnen umschlossenen Inhaltes voraus, welcher in Definitionen oder in definierenden, abgrenzenden Beispielen dargelegt wird.

Für die forstliche Betriebswirtschaftslehre erscheint es zweckmäßig, soweit dies möglich ist, die Begriffsdefinitionen der allgemeinen Betriebswirtschaftslehre zu übernehmen, wie dies u. a. von ABETZ (1, S. 1) und auch von SPEER (18, S. 8) empfohlen wurde. Die Definitionen einzelner Autoren zeigen jedoch bei genauerer Prüfung gewisse Abweichungen, die sich z. T. durch die Wahl unterschiedlicher Schwerpunkte hinsichtlich der abgrenzenden Kriterien ergeben, sich aber teilweise auch auf verschiedene Lehrmeinungen gründen. Einige dieser Definitionen werden für die vorliegende Darstellung verwendet, wobei auf die Heraushebung der Extreme bewußt verzichtet und mehr der überwiegenden Auffassung Raum gegeben werden soll.

Den Definitionen von Seiten der allgemeinen Betriebswirtschaftslehre werden Definitionen aus dem forstlichen Bereich gegenübergestellt. Besonderes Interesse verdienen dabei die von einer Arbeitsgruppe der ökonomischen Sektion (Sektion 31) des Internationalen Verbandes Forstlicher Forschungsanstalten (IUFRO) unter der Leitung von K. ABETZ erarbeiteten und von dem genannten Verband zur Anwendung empfohlenen Definitionen (23, 2). Die von dieser Arbeitsgruppe geleistete Arbeit ist besonders verdienstvoll, weil sie ihre Definitionen in drei Sprachen (deutsch, englisch, französisch) abgefaßt und damit einen ersten Vorstoß auf die dringend erforderliche internationale Vereinheitlichung der Begriffe des Rechnungswesens unternommen hat. Bei einer kritischen Würdigung der Definitionen dieser Arbeitsgruppe muß man den wegen des mehrsprachigen Übereinkommens notwendigen Verzicht auf Ausführlichkeit berücksichtigen. Gewisse Abweichungen von der angestrebten Anlehnung an die gebräuchliche

deutschsprachige Terminologie wird man als Kompromisse im Interesse einer internationalen Annäherung werten müssen.

Des weiteren werden terminologische Darlegungen von MELZER (10 u. 23) zur Gegenüberstellung herangezogen, die deswegen besonderes Interesse verdienen, weil sie im Zusammenhang mit dem in den letzten Jahren neu aufgebauten, weit entwickelten kaufmännischen Rechnungswesen der Staatlichen Forstwirtschaftsbetriebe Mitteldeutschlands stehen. Der Vergleich ist erweitert durch die Hinzuziehung der kürzlich von JÖRGENSEN (5) in Deutschland veröffentlichten, in Skandinavien angewendeten Terminologie.

II. Die Wertbegriffe im Zusammenhang mit den betrieblichen Funktionen

Im betrieblichen Prozeßablauf können vier besonders hervortretende Funktionen unterschieden werden (17). Dies sind 1. die Funktion der Beschaffung; 2. die Funktion der Produktion; 3. die Funktion des Absatzes und 4. die Funktion der Finanzierung. Verfolgt man den in diesem Gesamtprozeß sich vollziehenden Wertumlauf des laufenden Betriebes, so ergeben sich zwei Hälften eines kreisförmigen Prozesses. In der ersten Hälfte erfolgt die Wertbildung, die mit der Beschaffung beginnt, am eindrucklichsten in der Produktion hervortritt und im Absatz ihren Abschluß findet. Die zweite Hälfte des Prozesses bildet die in entgegengesetzter Richtung laufende Wertverteilung. Ihre hervortretende Aufgabe ist die laufende Finanzierung der Wertbildung aus den Erlösen der hervorgebrachten Leistungen. An Hand dieses Bildes wird die Stellung der Wertbegriffe Ausgaben/Einnahmen, Aufwand/Ertrag, Kosten/Leistung anschaulich. SEISCHAB (17) bezeichnet Ausgaben, Aufwand und Kosten als „Eignungswerte“ der Güter und Dienstleistungen, die in der Erfüllung des Betriebszweckes in den betrieblichen Prozeßablauf eintreten. Dabei wird, entsprechend den verschiedenen Stadien