

Zur Fortentwicklung der Durchforstungsverfahren aus der Sicht der Waldertragskunde*)

Von F. FRANZ

1. Zur Einleitung

Die letzten Jahre haben uns einige bemerkenswerte Entwicklungen auf dem Gebiet der Bestandesbehandlungstechnik gebracht — Entwicklungen, die auch im Mittelpunkt der ertragskundlichen Diskussion der jüngsten Zeit gestanden haben.

Im folgenden soll aus der Sicht der Waldertragskunde zu den neueren Vorschlägen zur Fortentwicklung unserer Methoden der Standraumregelung und zu einigen in den letzten Jahren erarbeiteten Behandlungsmodellen Stellung genommen werden, die inzwischen schon in der Erprobung stehen oder sogar bereits auf größerer Fläche praktiziert werden. Hierbei will ich mich auf die für unsere Nadelholzbestände erarbeiteten Konzeptionen beschränken und die wichtigsten ertragskundlichen Erwartungswerte der untersuchten Modellvarianten am Beispiel der Fichte darstellen.

2. Die Verfahrensvorschläge zur Standraumregelung von ABETZ und KRAMER

Die Vorschläge und Modelle für die künftige Behandlung unserer Fichtenbestände in der Bundesrepublik — auf die zahlreichen ausländischen Arbeiten zu diesem Fragenkomplex soll hier nicht eingegangen werden — sind im wesentlichen das Ergebnis der Arbeiten von ABETZ (1965, 1966, 1967, 1968, 1969, 1970 a, b, c, d, 1973 a, b) und KRAMER (1966, 1967 a, b, 1968 a, b, 1969, 1970, 1971 a, b). Beide haben, von zum Teil unterschiedlichen Ansätzen ausgehend und — in manchen Einzelheiten — mit abweichenden Zielvorstellungen, in den letzten Jahren Behandlungskonzepte entwickelt, die weit über das hinausgehen, was wir im engeren Sinne als Pflege- bzw. Durchforstungsverfahren bezeichnen. Es handelt sich hierbei vielmehr um kombinierte Begründungs-, Behandlungs- und Ernte-Strategien im Sinne der modernen Planungstechnik mit hoher Anpassungsfähigkeit an individuelle forstliche Tatbestände.

Als Ertragskundler und Fachleute des forstlichen Versuchswesens haben sich beide Autoren bemüht, die bei der Anwendung ihrer Behandlungskonzeptionen zu erwartenden ertragskundlichen Zielgrößen — Gliederung der erzeugten Stammdimensionen, Gesamtleistung, Zuwachsgrößen u. a. m. — wie auch die Entwicklung der wichtigsten morphometrischen Merkmale, z. B. die Aststärkenentwicklung und die Kronenausbildung,

an Hand des vorliegenden Materials unserer langfristigen forstlichen Versuchsflächen und an Hand ergänzender Probeflächenaufnahmen so sicher wie möglich vorzuschätzen. Sie haben darüber hinaus langfristige Versuche angelegt, in denen sie die wichtigsten Varianten ihrer Behandlungskonzepte gleichsam experimentell prüfen wollen (s. hierzu auch ABETZ u. MITSCHERLICH 1969). Die ersten Versuche stehen inzwischen knapp zehn Jahre unter Beobachtung. Dies ist angesichts der Langfristigkeit ertragskundlicher Urteilsfindung zweifellos eine noch sehr kurze Zeitspanne, die langfristige Voraussagen — etwa für die Dimensionsaufbau und Wertgliederung des Endbestandes prägende Baum- und Altholzphase — natürlich noch nicht zuläßt. Die Versuche ermöglichen aber immerhin schon eine Abschätzung der Bestandesreaktion in den äußerst wichtigen ersten Phasen der Standraumregelung.

3. Die wichtigsten Merkmale der Modelle zur Standraumregelung

Als wichtigste ertragskundliche oder die Ertragsselemente beeinflussende Merkmale dieser Behandlungsverfahren sind in stichwortartiger Zusammenfassung zu nennen:

Niedrige Ausgangsstammzahlen von etwa 2000 bis 3500, in jedem Fall unter 5000 je Hektar, erzeugt

entweder „unmittelbar“ durch Begründung in weitständigem Reihverband unter Verwendung älterer und entsprechend größerer Pflanzen, auf die um so stärker zurückgegriffen werden soll, je weitständiger die Kultur begründet wird,

oder „mittelbar“ durch möglichst frühzeitige schematische, sogenannte geometrische Stammzahlreduktion in bereits vorhandenen, enger begründeten Beständen durch reihenweise Entnahmen. Die geometrischen Eingriffe sollen möglichst noch vor Einsetzen der ersten, durch Standraumdefizit bedingten Wuchshemmungen erfolgen, die bei unseren herkömmlichen Verbänden mit Pflanzanzahlen ab 5000 zu erwarten sind, wenn der Bestand etwa 3,5 bis 5 m Oberhöhe erreicht hat. KRAMER (1970) gibt hierfür eine Grenz-Mittelhöhe von 2 m an, was etwa auf das gleiche hinausläuft.

Zweitens sind stärkere selektive Eingriffe in der Wuchsbeschleunigungsphase bis zum Kulminationszeitraum des laufenden Zuwachses, d. h. bis etwa U/2 vorgesehen. Diese Eingriffe haben zum Ziel,

— die besten Volumen- und Wertzuwachssträger, die als Zielbäume für eine Übernahme in den Endbestand vorgesehen sind, schon frühzeitig zu fördern;

*) Erweiterte Fassung eines Vortrages anlässlich der Hochschulwoche in München am 31. 10. 1973.

— durch frühzeitige Lockerstellung eine stabile Bestandesstruktur mit möglichst gleichmäßiger Verteilung der guten Zuwachsträger über die Bestandesfläche und damit eine günstige Standraumgliederung für die Haupt-Produktionsphase zu schaffen.

In der anschließenden Behandlungsphase oberhalb von U/2 — im Altersbereich von etwa 50 bis 80 Jahren — sehen einige Modell-Varianten noch weitere, relativ starke Eingriffe vor, die über den Grad einer mäßigen Durchforstung deutlich hinausgehen.

In den letzten 20 Jahren vor dem Abtrieb schließlich werden keine weiteren oder höchstens nur unwesentliche Entnahmen unterstellt.

Im einzelnen wird angestrebt:

1. die Zahl der standraumregelnden Eingriffe möglichst klein zu halten, hierbei jedoch
2. je Eingriff einen genügend hohen Vornutzungsertrag zu erzielen,
3. den Anfall an Lohnaufwendigen, nicht-kostendeckenden Dimensionen und Sortimenten (Reisholz, Derbholz unterhalb des kritischen Durchmessers von 11 bis 14 cm) möglichst gering zu halten,
4. die kritischen Durchmesser im Durchforstungsanfall möglichst schnell zu überschreiten, und schließlich
5. möglichst hohe Dimensionen im Endbestand zu erzeugen.

Ein wichtiges Merkmal der neuen Behandlungsverfahren ist, daß sie die Eingriffsstärke und Eingriffsfolge quantitativ langfristig im voraus festlegen. Am bekanntesten sind die von ABETZ (1973 a, 1973 b) vorgeschlagenen sogenannten Baumzahl-Leitkurven, die auch im Mittelpunkt der folgenden Darstellungen stehen. Bei diesen Baumzahl-Leitkurven handelt es sich um Grundbeziehungen der Stammzahl über der Bestandesoberhöhe. Das geplante Durchforstungsprogramm wird an dem Grundmaß einer Baumzahl-Leitkurve als Stammzahlreduzierungsprogramm definiert: Jeweils bei Erreichen einer bestimmten Bestandesoberhöhe wird eine Stammzahlreduzierung auf eine vorgegebene Folgestammzahl vorgenommen. Die einzelnen Reduzierungsschritte erfolgen im Regelfall in 3m- oder auch in 2,5m- oder 4m-Oberhöhen-Intervallen. Solche Baumzahl-Leitkurven wurden inzwischen von mehreren Autoren und auch schon für mehrere Baumarten entwickelt, neben Fichte und Kiefer z. B. auch für die europäische und japanische Lärche zur Anwendung in Provenienzversuchen (SCHÖBER 1971).

4. Herleitung der ertragskundlichen Größen

Die Behandlungsverfahren selbst sind in den eingangs aufgeführten Arbeiten ausführlich beschrieben worden. Am Beispiel einiger Behandlungsvarianten wurde untersucht, welche Wachstumsabläufe und Leistungsgrößen bei Anwendung dieser Verfahren zu erwarten sind. Diese Untersuchung wurde am Modell der Oberhöhenbonität 32 des mittleren Ertragsniveaus der bayerischen Fichtentafel 1963 durchgeführt. Die Altersmittelhöhenkurve der Oberhöhenbonität 32 entspricht in etwa der Bonitätskurve der II. Ertragsklasse der Fichten-Ertragstafel von WIEDEMANN 1936/42 für die mäßige Durchforstung.

Die Berechnungen wurden mit einem zum Wachstumssimulator weiterentwickelten Ertragstafel-Konstruktionsprogramm durchgeführt, das die gewünschten ertragskundlichen Bestandesgrößen auch für unterschiedliche Ausgangsstammzahlen, Eingriffsstärken und Eingriffsfolgen errechnet (FRANZ 1972, 1973). Um dieses Programm aufstellen zu können, haben wir in letzter Zeit alle uns zugänglichen Verbandsversuche und vor allem auch Versuche mit mehr oder minder extremer Bestandesbehandlung ausgewertet und ihre Ergebnisse in das Ertragstafelmodell eingearbeitet. Das erweiterte Konstruktionsprogramm enthält auch einige wichtige Verbesserungen in den Tafel-Grundbeziehungen gegenüber der älteren Tafel aus dem Jahre 1963, so z. B. in den Höhen-Durchmesser-Beziehungen und vor allem in der Ertragsniveau-Grundbeziehung, die in den mittleren und unteren Bonitäten der 63er-Tafel bisher zu wenig trennscharf gewesen ist.

5. Einfluß der Ausgangsstammzahl auf Wachstumsgang und Ertragsleistung

Am Modell der modifizierten Oberhöhenbonität M32 (mod.) wurde zunächst der Einfluß der Ausgangsstammzahl — als Ausdruck des Ausgangsverbandes — auf Wachstumsgang und Ertragsleistung untersucht. Um diesen Einfluß möglichst klar

herausarbeiten zu können, wurde in einer ersten Berechnung eine mäßige bis schwache Durchforstung in herkömmlicher fünfjähriger Eingriffsfolge zugrundegelegt.

Die Entwicklung der Stammzahl nach diesem Durchforstungsprogramm ist auf Abb. 1 über der Bestandesoberhöhe dargestellt. Der Ablauf der Stammzahlreduktion wurde über die Stammzahl-Basiskurve der Oberhöhenbonität M32 (mod.) gesteuert, die neben der Baumzahl-Leitkurve A nach ABETZ in Abb. 1 eingezeichnet ist.

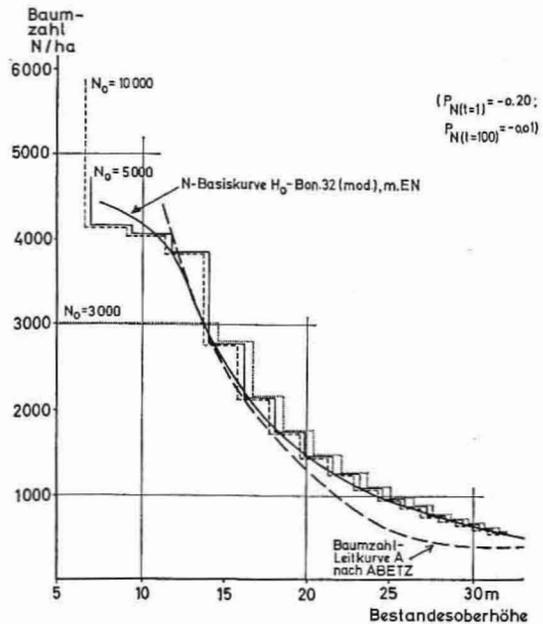


Abb. 1: Baumzahlen über der Bestandesoberhöhe: H_0 -Bon. 32 (mod.), m. EN und Baumzahlreduzierung in fünfjährigem Turnus — mäßige bis schwache Eingriffsstärke — orientiert an der Basis-Baumzahlkurve.

Diese Untersuchung wurde für eine Reihe von Ausgangsstammzahlen (N_0 /ha = 2500, 3000, 4000, 5000, 8000, 10 000 und 15 000) durchgeführt. Hierbei wurden, abweichend von den neueren Verfahrensvorschlägen, jeweils gleichverteilte Verbände mit optimaler Standraumvorgabe unterstellt, d. h. Quadrat- bis Dreiecksverbände, also keine Reihenverbände. Anderenfalls hätten für eine gegebene Ausgangsstammzahl die verschiedensten Reihenabstands-/Pflanzenabstandskombinationen eingegeben werden müssen — dies vor allem für die weiteren Verbände —, was allein schon mangels ausreichender Datengrundlage nicht möglich war. Die so gefundenen Ergebnisse dürften jedoch so weit verallgemeinerungsfähig sein, daß sie auf reihenstrukturierte Ausgangsverbände mit Einschränkungen übertragen werden können, sofern keine zu großen Differenzen zwischen Reihen- und Pflanzenabstand vorausgesetzt werden.

Drei Begründungsdichte-Varianten sollen hier näher untersucht werden:

1. eine hohe Ausgangsstammzahl (N_0 /ha = 10 000, entsprechend einem Verband von 1 x 1 m),
2. eine praxisübliche mittlere Ausgangsstammzahl (N_0 /ha = 5000, entsprechend einem Verband von rund 1,4 x 1,4 m),
3. eine niedrige Ausgangsstammzahl (N_0 /ha = 3000, entsprechend einem Verband von rund 1,85 x 1,85 m).

Die drei Varianten wurden in der hier zugrundegelegten fünfjährigen Eingriffsfolge jeweils auf die gleiche verbleibende Stammzahl gestellt.

Abb. 1 zeigt, daß bis zum Beginn der ersten Eingriffe die geringeren Begründungsdichten gegenüber den höheren bereits eindeutige „Standraumvorteile“ wahrnehmen konnten. Sie reichen bei der niedrigsten Ausgangsstammzahl 3000 bis zu etwa 15 m Oberhöhe, d. h. bis nahezu an die halbe End-Oberhöhe für das Alter 100. Wenn man bedenkt, daß bei den dichteren Verbänden, wie bereits erwähnt, schon ab etwa 2 m Mittelhöhe (KRAMER 1970) bzw. rund 3,5 bis 5 m Oberhöhe mit ersten Wuchshemmungen infolge eines zunehmenden Standraumdefizits gerechnet werden muß, so erscheint es verständlich, daß sich solche Standraumvorteile nicht nur kurzperiodisch, sondern ausgesprochen langfristig in den ertragskundlichen Größen niederschlagen.

Wir stellen ein „Voreilen“ des Wachstumsganges (ASSMANN 1961) der weiteren gegenüber den engeren Verbänden fest, hier z. B. ein Voreilen der Oberhöhenentwicklung, das bis ins hohe Alter hinein — erwartungsgemäß mit nachlassender Tendenz, aber noch deutlich erkennbar — anhält: Zu allen Durchforstungszeitpunkten liegt die Oberhöhe für $N_0 = 3000$ über der für $N_0 = 5000$ und beide wiederum über derjenigen für $N_0 = 10000$. Die Unterschiede zwischen dem engsten und dem weitesten Verband betragen nach der Modellschätzung am Anfang rund 1 m, zum Abschluß noch knapp 0,5 m.

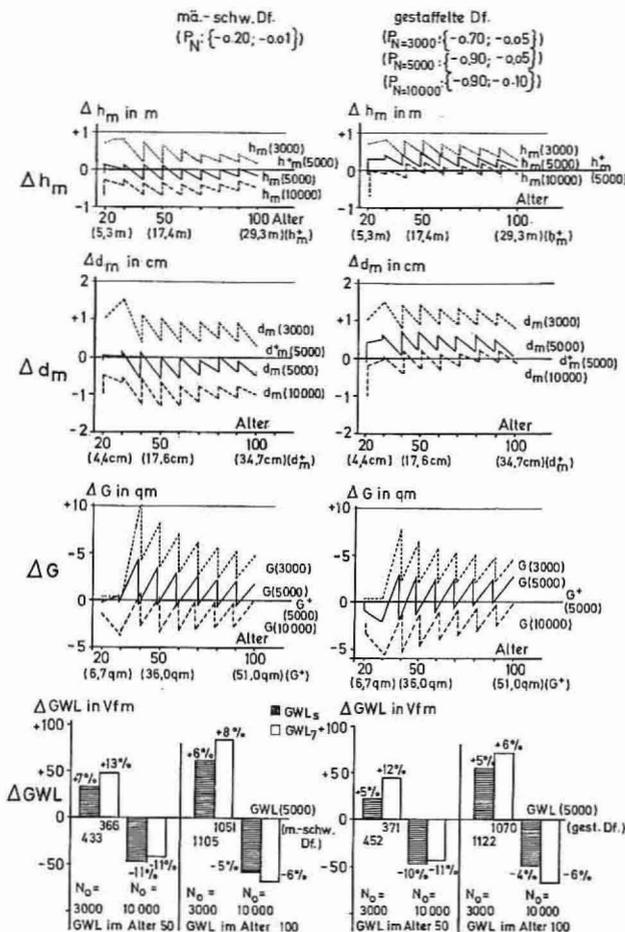


Abb. 2: Wachstumsgang H_0 -Bon. 32, altersgesteuert nach der Baumzahl-Basiskurve für das mittlere Ertragsniveau und verglichen mit der Basistafel für H_0 -Bon. 32 m. EN (mod.).

Solche durch unterschiedlichen Ausgangs-Standraum bedingten Abweichungen im Wachstumsrhythmus und in der Wachstumsleistung spiegeln sich auch in den anderen Ertragsselementen wider. Abb. 2 zeigt die Unterschiede in der Entwicklung der Mittelhöhe (Δh_m), des mittleren Durchmessers (Δd_m) und der Grundfläche (ΔG), aufgetragen über dem Alter und bezogen auf die als Null-Linien dargestellten Basiskurven der Ertrags-tafel, denen eine Begründungsdichte von $N_0 = 5000$ zugrunde-liegt (h_m^+ , d_m^+ , G^+). Auch hier eine deutliche Staffelung nach der Begründungsdichte! Die Unterschiede zwischen der größten und der geringsten Dichte betragen bei der Mittelhöhe rund 1,5 m im Alter 20 und etwa 0,5 m im Alter 100 und beim mittleren Durchmesser etwa 2,5 cm bei 20 und etwa 1,3 cm bei 100 Jahren. Diese Abweichungen sind zwar nur gering; sie liegen zum Teil sogar noch innerhalb der praxisüblichen Meß-toleranzen. Sie wachsen jedoch infolge ihrer hohen Stetigkeit zu deutlich unterschiedlichen Leistungssummen an, was vor allem in der Grundflächenhaltung und in der Gesamtwachstumsleistung zum Ausdruck kommt. Die Grundflächenwerte unterscheiden sich bis zu 13 qm in der Jugend, bedingt vor allem durch das früher einsetzende Stärkenwachstum beim weiteren Verband. Die Unterschiede nehmen mit zunehmendem Alter deutlich ab und betragen im Alter 100 noch rund 5 qm.

Entsprechend ihrer unterschiedlichen Grundflächenhaltung weichen die drei Begründungsdichten auch in der Gesamtwachstumsleistung voneinander ab (vgl. Abb. 2 unten).

1. Für das Alter 50 errechneten wir folgende Leistungs-differenzen (Δ GWL) gegenüber der Begründungsdichte 5000: Für $N_0 = 3000$: + 7% bei Schaftholz und + 13% beim Derbholz, letzteres bedingt durch das relativ frühe Ein-wachsen in die Derbholzdimensionen bei weiterem Verband. Für $N_0 = 10000$ betragen die Abweichungen — 11% beim Schaft- wie auch beim Derbholz.

2. Bis zum Alter 100 verringern sich die prozentischen (nicht die absoluten!) Unterschiede in der Gesamtwachstumsleistung gegenüber der Begründungsdichte $N_0 = 5000$ sehr deutlich. Sie liegen aber mit + 6% (für $N_0 = 3000$) bis — 5% (für $N_0 = 10000$) beim Schaftholz und + 8% (für $N_0 = 3000$) bis — 6% (für $N_0 = 10000$) beim Derbholz immer noch erkennbar oberhalb der Zufallsgrenze.

Unterstellen wir nun statt der mäßigen eine gestaffelte Durchforstung mit anfangs stärkeren, später nur noch schwachen bis mäßigen Eingriffen in ebenfalls fünfjähriger Eingriffsfolge, so errechnen sich in allen Altern geringere Differenzen zwischen den ertragskundlichen Größen der drei Begründungsdichte-Varianten (vgl. Abb. 2, rechte Seite). Aber auch hier bleibt die Staffelung nach der Ausgangsbestockungsdichte in einer biometrisch noch trennbaren Größenordnung erhalten. So liegen z. B. die Abweichungen in der Gesamtleistung im Alter 100 gegenüber der Begründungsdichte $N_0 = 5000$ immer noch bei + 5/— 4% beim Schaftholz und \pm 6% beim Derbholz.

Die geringeren Differenzen zwischen den Ertragsselementen sind bei der hier zugrundegelegten gestaffelten Durchforstung vor allem auf eine Anhebung der Leistungsgrößen der dichten Verbände zurückzuführen. Dies wurde durch eine den einzelnen Verbänden bestangepaßte Staffelung der Eingriffsstärke erreicht, die den individuellen Wachstumsbeschleunigungseffekt höchstmöglich ausgenützt und annähernd optimale Gesamtwachstumsleistungen bewirkt hat (zur Frage der Wechselbeziehungen zwischen Bestockungsdichte, Wachstumsbeschleunigung und Zuwachsgang s. auch ASSMANN 1961, 1965, 1967, 1968 a, b).

Die in Klammern aufgeführten Angaben (P_N -Werte) auf Abb. 2 oben sind Kennwerte zur Steuerung der Eingriffsstärke in dem verwendeten Simulationsprogramm. Zur Vereinfachung und besseren Übersichtlichkeit wurde in die Darstellungen von Δh_m , Δd_m und ΔG nur jedes zweite Eingriffsereignis (zehnjährige Zeit-folge) eingezeichnet.

Daß wir verbandsbedingte Leistungsunterschiede wie die hier aufgezeigten in der Praxis, aber auch im Versuchswesen bisher so oft nicht feststellen konnten, liegt m. E. in erster Linie daran, daß wir diese Unterschiede vielfach durch ver-schieden starke, den ertragskundlichen Merkmalen der ein-zelnen Begründungsdichten nicht angepaßte Durchforstungs-eingriffe oder auch durch Unterlassung von Eingriffen „ver-wischt“ haben (s. hierzu auch ALTHERR 1966). So genügen schon wenige stärkere Eingriffe, etwa in der zweiten Lebens-hälfte, oder umgekehrt, einige Wuchshemmungen erzeugende, übergroße Durchforstungsintervalle in den Altersjahrzehnten vor und nach der Zuwachskulmination, die hier aufgezeigten Unterschiede in der Gesamtleistung nicht nur zu eliminieren, sondern sie sogar in ihr Gegenteil zu verkehren und eine umgekehrte Staffelung der Leistungsgrößen zu erreichen.

Es handelt sich hierbei um außerordentlich komplizierte waldwachstumskundliche Zusammenhänge, über die wir zum Teil noch wenig unterrichtet sind und die wir im einzelnen erst dann zufriedenstellend aufklären können, wenn uns wirklich geeignete Versuchsunterlagen zur Verfügung stehen. Hierfür brauchen wir jedoch gut konzipierte, störungsfrei erwachsene und nach experimentorientiertem Durchforstungsprogramm kon-sequent behandelte Versuchsanlagen. Und die fehlten uns bis-her leider besonders auf dem Sektor der Verbandsversuche.

Die Hauptergebnisse unserer Untersuchungen über den Zusammenhang von Begründungsdichte, Wachstumsgang und Wachstumsleistung am Modell der Oberhöhenbonität M32 (mod.) möchte ich wie folgt zusammenfassen:

1. Innerhalb des Spektrums der Begründungsdichtestammzahlen von $N_0 = 3000$ bis $N_0 = 10000$ nehmen — bei Zugrunde-legung einer auf gleiche Stammzahlhaltung ausgerichteten mäßigen bis schwachen Durchforstung — die Leistungsgrößen der Mittelstämme und die Bestandes-Leistungsgrößen mit

abnehmender Begründungsdichte stetig zu. Je geringer die Begründungsdichte innerhalb des untersuchten Rahmens ist, um so größer sind Grundflächenhaltung, stehender Vorrat und Gesamtwuchsleistung, aber auch Mittelhöhe und mittlerer Durchmesser des verbleibenden und des ausscheidenden Bestandes.

2. Die festgestellten Unterschiede sind von den engen zu den mittleren und von den mittleren zu den weiteren Verbänden jeweils nur gering und betragen zum Teil nur wenige Prozente. Sie liegen jedoch eindeutig außerhalb der Zufallsgrenzen und fallen ertragskundlich ins Gewicht, weil sie mit hoher Stetigkeit innerhalb des gesamten Bestandeslebens auftreten.

3. Bei Unterstellung einer den individuellen Standraumansprüchen der einzelnen Verbände bestangepaßten gestaffelten Durchforstung verringern sich die Unterschiede in den Leistungsgrößen zwar deutlich, die Leistungsstaffelung jedoch bleibt in einer ertragskundlich noch differenzierbaren Größenordnung erhalten.

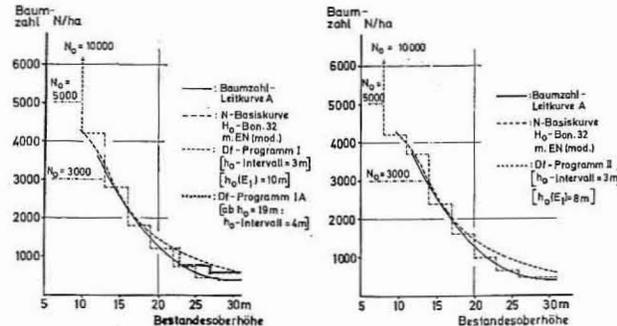


Abb. 3: Baumzahlen über der Bestandesoberhöhe: H₀-Bon. 32 (mod.), m. EN; N-Basiskurve und Baumzahl-Leitkurve A (n. ABETZ), Baumzahl-Reduzierung nach den Df-Programmen I, IA und II (Definition im Text).

6. An der Baumzahl-Leitkurve A orientierte Durchforstungsprogramme

Untersuchen wir nun die ertragskundlichen Merkmale der Durchforstungsprogramme, die ABETZ an Hand seiner Baumzahl-Leitkurve A definiert hat. Diese Untersuchung wurde an zwei Eingriffsvarianten ausgeführt, die auf Abb. 3 als Stammzahlverlaufskurven über der Oberhöhe dargestellt sind. Die erste Variante wurde in der zweiten Eingriffsphase zusätzlich noch einmal abgewandelt (Variante IA). Zur Orientierung sind die Baumzahl-Leitkurve A und die Baumzahl-Basiskurve der Oberhöhenbonität M 32 (mod.) in die Abbildung mit eingezeichnet worden.

Das Durchforstungsprogramm I sieht für die engeren Verbände mit Stammzahlen über 4200 sieben und für die Begründungsdichte $N = 3000$ sechs Eingriffe in 3m-Oberhöhen-Intervallen vor, das entspricht einem sechs- bis siebenjährigen Durchforstungsintervall in der Jugend und einem zehn- bis elfjährigen Intervall bei den letzten Entnahmen. Der erste Eingriff ist bei den engeren Verbänden bei Erreichen der Oberhöhe 10 m, bei Stammzahl 3000 bei 13 m vorgesehen. Der letzte Eingriff erfolgt bei Erreichen von 28 m Oberhöhe — je nach Verband im Alter 75 bis 78. Die ersten Eingriffe erreichen mittlere, die letzten drei (bei 22, 25 und 28 m Oberhöhe) relativ hohe Stärkegrade. Die im letzten Eingriff bei 28 m Oberhöhe, also bereits rund 20 bis 25 Jahre vor dem Abtrieb eingestellte Endstammzahl beträgt 400.

Die Variante IA sieht — abweichend von den Durchforstungsansätzen von ABETZ — ab 19 m Oberhöhe Eingriffe in 4m-Höhenintervallen mit geringer Stammzahlreduktion vor, die bei 27 m Oberhöhe — im Alter 72 bis 75 — 500 Stämme in den Endbestand überführen.

Durchforstungsvariante II folgt, ebenso wie Variante I, der Baumzahl-Leitkurve A in einem konstanten Höhenintervall von 3 m. Der erste Eingriff wird hier nicht erst bei 10 m — wie bei Variante I —, sondern bereits bei 8 m Oberhöhe geführt. Abweichend von den Durchforstungsansätzen nach der Leitkurve entfällt bei Variante II der letzte Eingriff, der eine Endstammzahl von 400 herstellen soll. Stattdessen wird die bereits bei 26 m Oberhöhe — im Alter 68 bis 70 — erreichte Stammzahl von 450 bis zur Endnutzung durchgehalten. Damit reduzieren

sich die Hiebsmaßnahmen auf 6 bei engerem und 5 bei weiterem Verband.

Zum Vergleich sei angeführt, daß die Basis-Baumzahlkurve für das mittlere Ertragsniveau der Oberhöhenbonität M 32 (mod.) für das hier unterstellte Endnutzungsalter 100 noch 540 Stämme ausweist.

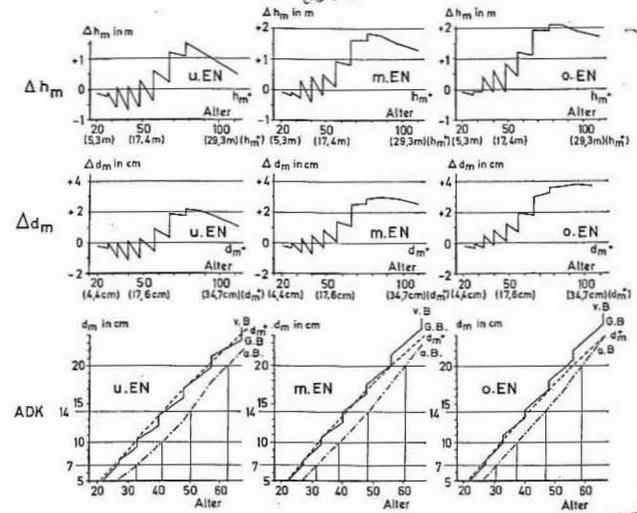


Abb. 4: Wachstumsgang H₀-Bon. 32 (mod.) nach Baumzahl-Leitkurve A für die Durchforstungsprogramme I, IA und II (Erklärung im Text).

7. Die wichtigsten ertragskundlichen Erwartungswerte für die Durchforstungsprogramme I, IA und II

Auf Abb. 4 ist dargestellt, welche Veränderungen der Mittelhöhe (Δh_m) und des mittleren Durchmessers (Δd_m) gegenüber den Basiswerten der Ertragstafel und welche Abweichungen im Mitteldurchmesser des ausscheidenden Bestandes (ADK a. B.) gegenüber der eingangs beschriebenen mäßigen Durchforstung mit fünfjährigem Turnus zu erwarten sind.

Diese Vergleiche wurden nur mit den Begründungsdichten $N_0 = 3000$ und $N_0 = 5000$ ausgeführt. Es wurde unterstellt, daß die Ausgangsstammzahl 10000 bereits vor Einsetzen der selektiven Pflegemaßnahmen durch geometrische Durchforstung, etwa durch Entnahme jeder zweiten Reihe, auf die Hälfte reduziert worden ist. Ihre Entwicklung dürfte danach — mit einer gewissen, durch bereits erlittene Wuchshemmungen verursachten Unterlegenheit — derjenigen der Begründungsdichte $N_0 = 5000$ folgen, und zwar um so enger, je früher die geometrische Stammzahlreduktion vorgenommen worden ist.

Aus Abb. 4 geht hervor, daß die erzielten Mittelstammdimensionen in der Variante I zunächst voraussichtlich nur gering, nach Einsetzen der stärkeren Eingriffe ab Alter 58 bis 60 jedoch erheblich über den Basiswerten der Ertragstafel liegen werden. Für den Endbestand ist eine Überlegenheit von 1,5 bis 2 m in der Mittelhöhe und von 3 bis 4 cm im mittleren Durchmesser zu erwarten.

Der mittlere Durchmesser des ausscheidenden Bestandes wird die kritische Schwelle von 14 cm etwa sieben ($N_0 = 3000$) bis drei Jahre ($N_0 = 5000$) früher als bei herkömmlicher mäßiger Durchforstung überschreiten, nach dem vorliegenden Schätzergebnis bereits beim dritten ($N_0 = 3000$) bzw. vierten Pflegeeingriff ($N_0 = 5000$). Der Durchmesser d_m (a. B.) = 20 cm wird bereits etwa zwölf ($N_0 = 3000$) bis acht Jahre ($N_0 = 5000$) früher als bei mäßiger Durchforstung erreicht.

Variante IA, die geringere Eingriffsstärken und damit höhere Bestockungsdichten ab Oberhöhe 22 m vorsieht, erzielt entsprechend geringere Mittelstammdimensionen. Sie liegen im Endbestand bei der Mittelhöhe etwa 1 m und bei mittlerem Durchmesser etwa 2 cm unter den Werten der Variante I. Gegenüber den Basiswerten der Ertragstafel sind jedoch auch sie mit + 0,5 bis + 1 m bei der Mittelhöhe und + 1 bis + 2 cm beim mittleren Durchmesser eindeutig überlegen. Im ausscheidenden Bestand wird die Durchmessergränze 20 cm drei bis fünf Jahre später erreicht als bei Variante I.

Die Höhen- und Durchmessergrößen der Variante II folgen in etwa denen der Variante I. Sie sind nur in der Altholzphase etwas geringer, bedingt durch die um etwa 13% höhere Stammzahlhaltung (450 gegenüber 400 Stämmen) ab Oberhöhe 26, entsprechend Alter 68 bis 70.

Auch hier stellen wir eine geringe, jedoch durchgehende Überlegenheit der Begründungsdichte $N_0 = 3000$ fest, die gegenüber $N_0 = 5000$ im Endalter noch rund 0,5 m bei der Mittelhöhe und 1 cm beim mittleren Durchmesser ausmacht. Die Kurven nähern sich auch hier mit wachsendem Alter einander an, was bedeutet, daß der laufende Höhen- und Durchmesserzuwachs (des Mittelstammes) des weiteren Verbandes nach anfänglich starkem Voreilen in den nachfolgenden Wuchsphasen bei arithmetisch gleichem Standraum geringer ist als der Zuwachs des engeren Verbandes $N_0 = 5000$, obwohl die jeweiligen Anfangsdimensionen von Schaft und Krone beim weiteren Verband größer sind und die Durchforstungseingriffe hier stets in einem früheren, mithin wuchsreagenteren Alter stattfinden.

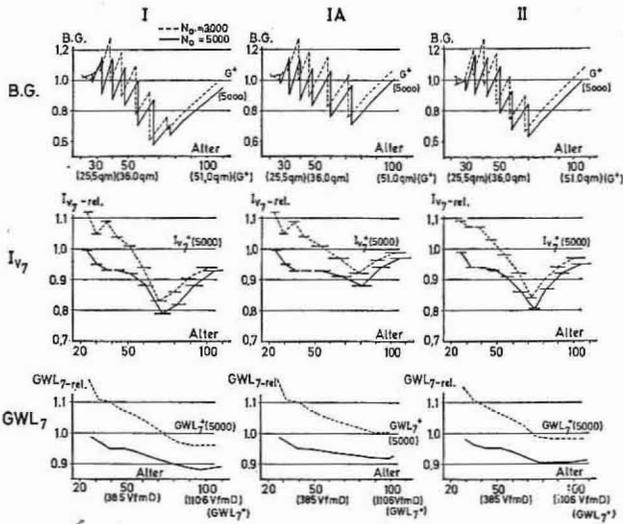


Abb. 5 Wachstumsgang H_0 -Bon. 32 (mod.), m. EN, nach Baumzahl-Leitkurve A für die Durchforstungsprogramme I, IA und II (Erklärung im Text).

Auf Abb. 5 sind die Derbholz-Vornutzungen (V_7 a. B.) über den Entnahmezeitpunkten und die Vornutzungsprozente (VNP_7) sowie die Grundflächenabweichungen (ΔG) gegenüber der Ertragstafel-Basiskurve ($G^+ 5000$) über dem Alter für die drei Durchforstungsvarianten aufgetragen.

Die auf fünf bis sieben Eingriffe konzentrierten Vornutzungen erreichen besonders bei den Entnahmen bei Oberhöhe 22 bis 27 m (Alter 50 bis 70) erntetechnisch günstige Größenordnungen. Je Eingriff fallen hier um 100 bis 130 Vorratsfestmeter Derbholz an. Zum Vergleich: Die Vornutzungen bei mäßiger Durchforstung in fünfjährigem Turnus erreichen je Eingriff 25 bis 30 VfmD. Die Entnahmen in der Dichte $N_0 = 3000$ liegen stets etwas über denen der Dichte $N_0 = 5000$. Bei Variante I fallen erwartungsgemäß am Anfang geringere, am Ende größere Vornutzungen an als bei der Variante II. Variante IA mit der größten Endvorratshaltung unterscheidet sich hiervon besonders durch den Fortfall der letzten Vornutzung.

Der beschriebene Vornutzungsgang schlägt sich in Alterskurven des Vornutzungsprozentes nieder, die wesentlich von der Vornutzungsprozent-Kurve einer mäßigen Durchforstung abweichen. Die Vornutzungen erreichen ein Maximum im Alter 65 bis 75 mit Werten von über 50% bei Variante I und II und um 46% bei Variante IA. Sie fallen dann bis zum Alter 100 auf Werte zwischen 30 und 35% zurück und liegen damit wieder auf der Höhe der Vornutzungsprozente für die mäßige Durchforstung.

Die erhebliche Steigerung der Stammdimensionen und die Konzentration der Vornutzung auf wenige starke Eingriffe mit Schwerpunkt in den Altern 50 bis 80 wird erkauft mit einer merklichen Absenkung der Grundflächenhaltung, was wiederum einen deutlichen Rückgang des laufenden Zuwachses und einen

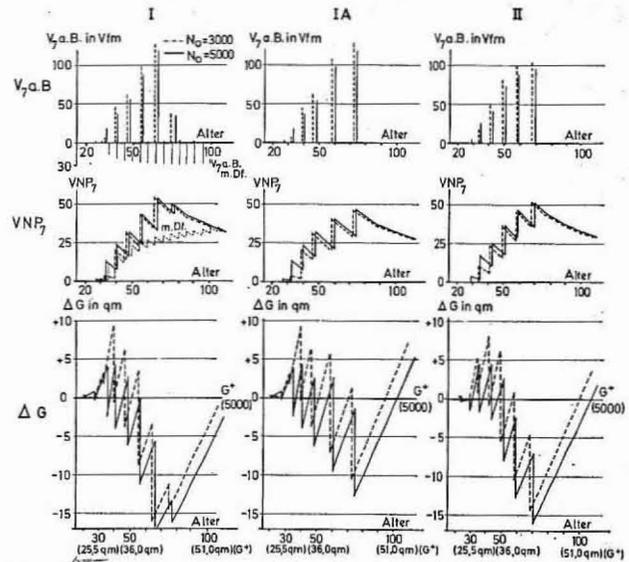


Abb. 6 Wachstumsgang H_0 -Bon. 32 (mod.), m. EN, nach Baumzahl-Leitkurve A für die Durchforstungsprogramme I, IA und II (Erklärung im Text).

Verlust an Gesamtwuchsleistung zur Folge hat (vgl. Abb. 6). So sinkt bei Variante I und II der Grundflächen-Bestockungsgrad (B.G.) auf etwa 0,6 und der laufende Derbholzzuwachs (I_{v7}) auf 0,8 des Tafelbasiswertes ab. Bei Variante IA ist das Opfer an Grundfläche und Zuwachs eindeutig geringer.

Da in den letzten zwei Jahrzehnten keine Eingriffe mehr vorgesehen sind, steigt die Bestockungsdichte bis zum Abtriebsalter wieder annähernd auf Vollbestockung an und bewirkt damit einen entsprechend starken Anstieg des laufenden Zuwachses, der bis zum Alter 100 auf etwa 0,94 bis 0,99 des Tafelwertes angehoben wird. Dieser Anstieg hat zur Folge, daß die im Vergleich zur Ertragstafel anfänglich stark abfallende Derbholz-Gesamtwuchsleistung (GWL_7) sich im Abtriebsalter auf Werte zwischen knapp 0,9 und 1,0 einspielt, also noch verhältnismäßig hohe Werte erreicht. Hierbei errechnet sich erwartungsgemäß für Variante I mit der geringsten Bestockungsdichte die größte und für Variante IA mit der höchsten Bestockungsdichte die geringste Leistungseinbuße.

Hervorzuheben ist die deutlich höhere Leistung des weiteren Verbandes, die gegenüber dem engeren Verband bei 100 Jahren beim Derbholz rund + 7 bis + 8% und beim Schaftholz etwa + 4 bis + 5% ausmacht und der vollen Tafelleistung (GWL_7^+ 5000) nahekommt. Dies gilt besonders für die Variante IA mit der höchsten Stammzahl- und Grundflächenhaltung, die in der Gesamtwuchsleistung besonders günstig abschneidet.

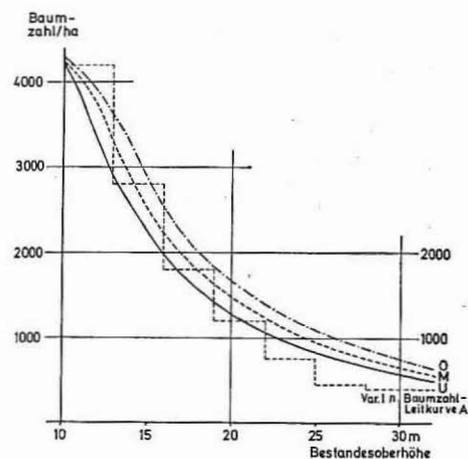


Abb. 7: Baumzahlen über der Bestandesoberhöhe: H_0 -Bon. 32 (mod.) o., m., u. EN und Baumzahl-Reduzierungsprogramm I nach Leitkurve A (n. ABETZ) für h_0 -Intervalle von 3 m [$h_0(E_1) = 10$ m].

8. Einfluß des Ertragsniveaus auf die ertragskundlichen Erwartungswerte der untersuchten Behandlungsvarianten

Im vorangegangenen Abschnitt wurden die ertragskundlichen Erwartungswerte für die Durchforstungsvarianten I, IA und II auf der Basis eines mittleren Ertragsniveaus hergeleitet und mit den modifizierten Ertragsstapel-Basiswerten der FI-ET 1963 für das mittlere Ertragsniveau (H_0 -Bon. M 32 [mod.]) verglichen. Wird stattdessen ein unteres oder ein oberes Ertragsniveau unterstellt, so verändern sich die ertragskundlichen Erwartungswerte für die Durchforstungsvarianten angesichts der in der Ertragsniveaugliederung zum Ausdruck kommenden starken standortsbedingten Differenzierung der Fichtenleistung bei gleicher Höhenbonität sowohl in ihrer absoluten Größe als auch in ihrem Abstand zu den vergleichbaren Tafel-Basiswerten für das untere und obere Ertragsniveau (H_0 -Bon. U 32 [mod.] und O 32 [mod.]) erheblich. Das soll am folgenden Beispiel der Durchforstungsvariante I für $N_0 = 5000$ deutlich gemacht werden (vgl. Abb. 7 bis 9).

Auf Abb. 7 sind die Baumzahl-Basiskurven für das untere, mittlere und obere Ertragsniveau der H_0 -Bonität 32 (mod.) und die Baumzahlhaltungskurve für die Variante I dargestellt. Abb. 8 zeigt die Veränderungen der Mittelhöhe (Δh_m) und des mittleren Durchmessers (Δd_m) gegenüber den Basiswerten (h_m^+ und d_m^+), aufgetragen über dem Bestandesalter, sowie den Verlauf der Altersdurchmessercurven für Variante I (Ges.Bestd./vbl.Bestd. und ausschd.Bestd.) und die Basiskurven für den mittleren Durchmesser des verbleibenden Bestandes (d_m^+) bei Zugrundelegung eines unteren, mittleren und oberen Ertragsniveaus. Auf Abb. 9 ist die Altersentwicklung des Bestockungsgrades (B.G.), des laufenden Derbholzzuwachses (I_{v7}) und der Derbholz-Gesamtwuchsleistung (GWL_7), jeweils bezogen auf die als 1,0-Linien eingezeichneten Basiskurven (G^+ , I_v^+ und GWL_7^+), für die gleiche Ertragsniveaugliederung wiedergegeben.

Die Überlegenheit der Durchforstungsvariante I gegenüber dem Basistafelverlauf ist nach der Modellschätzung in der mittleren Höhen- und Durchmesserleistung erwartungsgemäß um so größer, je höher das Ertragsniveau ist, wobei ganz erhebliche ertragsniveaubedingte Unterschiede aufscheinen. Auch die mittleren Durchmesser des ausscheidenden Bestandes zeigen eine deutliche ertragsniveaubedingte Differenzierung (vgl. Abb. 8).

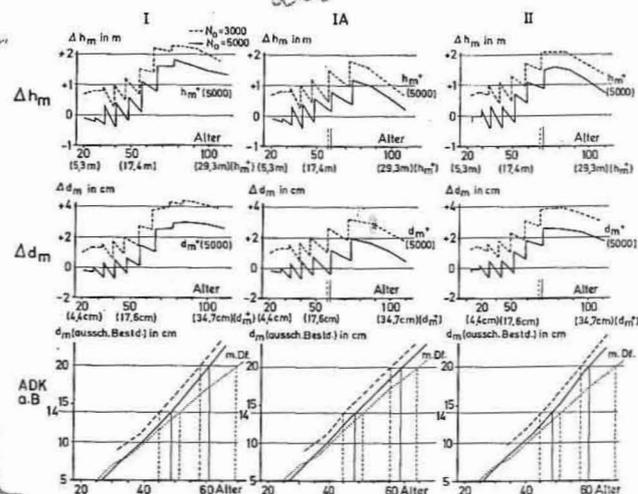


Abb. 8: Wachstumsgang H_0 -Bon. 32 nach Baumzahl-Leitkurve A, (Var. I), verglichen mit der Basistafel für H_0 -Bon. 32 (mod.), o., m., u. EN.

Umgekehrt wird die bei Anwendung des Durchforstungsprogrammes I zu erwartende Reduzierung der Bestockungsdichte und die hierdurch hervorgerufene Absenkung des laufenden Zuwachses und der Gesamtleistung gegenüber den vergleichbaren Basiswerten um so größer sein, je höher das Ertragsniveau ist (vgl. Abb. 9). Die Absenkung ist im unteren Ertragsniveau voraussichtlich nur gering. Hier deutet sich im

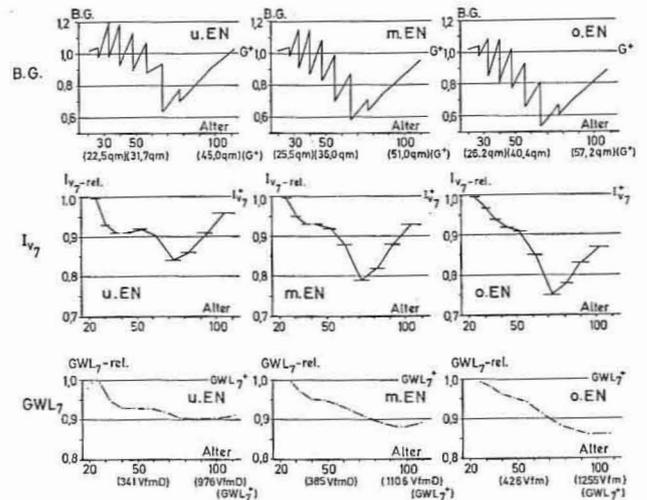


Abb. 9: Wachstumsgang H_0 -Bon. 32 nach Baumzahl-Leitkurve A, (Var. I), verglichen mit der Basistafel für H_0 -Bon. 32 (mod.), o., m., u. EN.

Altersbereich 30 bis 50 sogar eine geringe Überbestockung an. Im oberen Ertragsniveau muß demgegenüber mit einer erheblichen Absenkung von Bestockungsgrad, laufendem Zuwachs und Gesamtwuchsleistung gegenüber den vergleichbaren Basiswerten gerechnet werden.

9. Abschließende Feststellungen

1. Aus dem im Abschnitt 7 Gesagten ergibt sich, daß durch Koppelung der hier besprochenen Durchforstungsverfahren an weitere (nicht zu weit!) Verbände oder an frühzeitig vorzunehmende geometrische Stammzahlreduktionen, wie dies von den Schöpfern der Verfahren vorgesehen ist, die Opfer an Gesamtwuchsleistung, die zum Erreichen der Haupt-Verfahrensziele in Kauf genommen werden, auf ein tragbares Maß reduziert werden können.

2. Von dieser Feststellung sind die ausgesprochen weiten Verbände mit Stammzahlen unter 2500 nachdrücklich auszunehmen. Über ihre ertragskundlichen Merkmale sind wir einfach noch zu wenig unterrichtet.

Unsere in den letzten Jahren durchgeführten Untersuchungen über die Biomassenstruktur von Einzelbäumen und Beständen lassen vermuten, daß mit weiterer Vergrößerung der Pflanzenabstände Solitärkomponenten ins Spiel kommen, die eine stärkere Verlagerung der Biomassenproduktion vom Schaft in die Krone und tiefgreifende Abwandlungen des Wuchsverhaltens bewirken. Erst wenn diese Einflüsse abschätzbar sind, werden wir die ertragskundliche Eignung ausgesprochen weitständiger Verbände hinreichend sicher beurteilen können.

3. Was das hier diskutierte Verfahren der Stammzahlreduktion anbetrifft, so sollte erwogen werden, ob nicht der Verlauf der Baumzahl-Leitkurve durch geringfügige Absenkung am Anfang und leichte Aphebung über den Endwerten zugunsten einer größeren Gesamtwuchsleistung modifiziert werden kann, ohne daß die sonstigen Vorzüge des Verfahrens aufs Spiel gesetzt werden. Unsere Berechnungen an Hand der Durchforstungsvariante IA haben gezeigt, daß bereits bei geringer Anhebung der Stammzahlhaltung fühlbare Zuwachsgewinne erwartet werden können.

Darüber hinaus erscheint angesichts der starken standortsbedingten Differenzierung der Fichten-Volumenleistung bei gleicher Höhenbonität eine Erweiterung des Baumzahl-Leitkurvenschemas zu einem System ertragsniveaugliederter Leitkurven mit je einer Kurve für ein unteres, mittleres und oberes Ertragsniveau notwendig. Dies ist ein — wenn auch wichtiges — ertragskundliches Teilproblem, jedoch keine zentrale Verfahrensfrage. Das Verfahren als Ganzes stellt in ertragskundlicher Sicht eine bemerkenswerte Fortentwicklung dar, die unsere volle Aufmerksamkeit verdient.

4. Bei der Beurteilung der hier vorgelegten Berechnungen ist zu beachten, daß sie Modell- und damit auch nur Schätz-

charakter haben. Sie basieren jedoch auf einer breit abgesicherten, aus den verfügbaren Durchforstungs- und Verbandsversuchen kompilierten Berechnungsgrundlage. Ein Vergleich an Hand konkreter, nach den beschriebenen Durchforstungsvarianten langfristig behandelter Versuche ist derzeit nicht möglich und wird auch in absehbarer Zeit nicht möglich sein, da entsprechende Versuche mit genügend langer Beobachtungsfrist erst in Jahrzehnten verfügbar sein werden. Damit entfällt bis auf weiteres auch die Möglichkeit einer unmittelbaren Überprüfung der simulatorisch gewonnenen Erwartungswerte an Hand geschlossener, langfristiger Beobachtungsreihen. Diese Überprüfung muß zur Zeit noch in vielen Einzelschritten an Versuchsdaten durchgeführt werden, die jeweils nur Teilschnitte des untersuchten Tatbestandes widerspiegeln.

Vergleiche wie die hier vorgenommenen werden wir somit auch künftighin nur an Hand simulierter Wachstumsabläufe vornehmen können. Ihr Aussagewert hängt maßgeblich von der Güte der Anpassung des simulierten Wachstumsablaufes an den zu untersuchenden forstlichen Tatbestand ab. Die hierbei verwendeten Simulationsverfahren wurden in den letzten Jahren so weit verbessert, daß allgemein eine hinreichende Sicherheit der Vorausschätzung erwartet werden kann.

Summary

ADVANCED THINNING METHODS CONSIDERED FROM THE VIEW-POINT OF FOREST YIELD RESEARCH

The effects of five different thinning programmes on growth and yield of spruce stands of site index 32, medium yield level, (top height-site classification according to the Preliminary Yield Table for Spruce Stands in Bavaria, 1963), are studied by means of growth simulation techniques. The studies are carried out for three different levels of initial stand density (3000, 5000, and 10 000 stems per hectare). Thinning programme definition is based on guide curves of stem number related to stand top height, as proposed by ABETZ, 1973. Considerable effects of initial stand density [main] on growth parameters and total volume production are estimated for all thinning programmes studied.

Literatur

1. ABETZ, P. (1965): Kann die Fichtenholzproduktion weiter rationalisiert werden? Holz-Zbl. Nr. 14.
2. ABETZ, P. (1966): Zur Bestandesbegründung und Jungbestandspflege in Fichte. Forst- u. Holzwirt 21, S. 77—80.
3. ABETZ, P. (1967): Können Aufwand und Ertrag bei der Fichte günstiger gestaltet werden? Allg. Forstzeitschr. 22, S. 317—319.
4. ABETZ, P. (1968): Vom Solitär zum Bestand. DVFF-Sekt. Ertragskunde, Vorträge auf der Jahrestagung in Münster. S. 28—33.
5. ABETZ, P., und MITSCHERLICH, G. (1969): Überlegungen zur Planung von Bestandesbehandlungsversuchen. Allg. F.- u. J.-Ztg. 140, S. 175—179.

6. ABETZ, P. (1969): Waldbauliche Versuche mit verschiedenen Pflanzensortimenten bei der Fichtenbestandsbegründung in Oberschwaben. Allg. F.- u. J.-Ztg. 140, S. 65—75.
7. ABETZ, P. (1970 a): Biologische Produktionsmodelle als Entscheidungshilfen im Waldbau. Forstarchiv 41, S. 5—9.
8. ABETZ, P. (1970 b): Schwachholzmarkt und waldbauliche Konsequenzen bei Bestandsbegründung und Jungbestandspflege. Allg. Forstzeitschr. 25, S. 368—370.
9. ABETZ, P. (1970 c): Der Einfluß moderner Erntemethoden auf den Waldbau. Allg. Forstzeitschr. 25, S. 387—392.
10. ABETZ, P. (1970 d): Jungbestandspflege im Zeichen optimaler Stammzahlhaltung. Forst- u. Holzwirt, 25, S. 365—367.
11. ABETZ, P. (1973 a): Changes in Silviculture. In: Thinning in the Forestry of the Future, VI, S. 1—12.
12. ABETZ, P. (1973 b): Der Wald und die Forsttechnik. Forst- u. Holzwirt 28, S. 301—308.
13. ALTHERR, E. (1966): Die Bedeutung des Pflanzverbandes für die Leistung der Fichtenbestände. Allg. Forstzeitschr. 21, S. 191—200.
14. ASSMANN, E. (1961): Waldertragskunde. München — Bonn — Wien, BLV-Verlag, 490 S.
15. ASSMANN, E. (1965): Bemerkungen zu einem neuen Durchforstungsversuch in einem jungen Fichtenbestand. Forstwiss. Cbl. 84, 249—253.
16. ASSMANN, E. (1967): Über einige Möglichkeiten, den Gefährdungsgrad und Pflegebedarf, die Holzqualität und geldwerte Leistung von Rein- und Mischbestockungen günstig zu beeinflussen. Forstwiss. Cbl. 86, S. 81—89.
17. ASSMANN, E. (1968 a): Möglichkeiten zur Steigerung der organischen Produktion. In VYSKOT, M.: Die Produktivitätssteigerung der Wälder. Brünn, S. 321—368.
18. ASSMANN, E. (1968 b): Zur Theorie der Grundflächenhaltung. Forstwiss. Cbl. 87, S. 321—330.
19. FRANZ, F. (1972): Ertragskundliche Prognosemodelle. Forstwiss. Cbl. 91, S. 65—80.
20. FRANZ, F. (1973): Wachstumssimulation und Wuchsleistungsanalysen. In: 100 Jahre Hochschule für Bodenkultur Wien, Bd. IV, T. 1, S. 329—336.
21. KRAMER, H. (1966): Zur Kulturbegründung und Jungbestandspflege bei Fichte. Aus dem Walde Nr. 12, S. 67—120.
22. KRAMER, H. (1967 a): Jungbestandspflege und Kulturbegründung bei Fichte. Forst- u. Holzwirt 22, S. 400—405.
23. KRAMER, H. (1967 b): Zur Frage des Pflanzenverbandes in Nadelholzbeständen. Allg. Forstzeitschr. 22, S. 706—707.
24. KRAMER, H. (1968 a): Zur Behandlung und Beurteilung junger Fichtenbestände. Allg. Forstzeitschr. 23, S. 495—501.
25. KRAMER, H. (1968 b): Erstdurchforstung bei Fichte. Forst- u. Holzwirt 23.
26. KRAMER, H. (1969): Die Behandlung von Nadelholzbeständen. Allg. Forstzeitschr. 24, S. 747—748.
27. KRAMER, H. (1970): Zur Durchforstung der Fichte in Norddeutschland. In: Thinning and Mechanization, S. 39—48.
28. KRAMER, H. (1971 a): Durchforstung in Nadelholzbeständen. Forstarchiv 42, S. 23—33.
29. KRAMER, H. (1971 b): Untersuchung der Baumqualität in weitständig begründeten Fichtenbeständen. Allg. F.- u. J.-Ztg. 142, S. 33—46.
30. SCHÖBER, R. (1971): Unveränderte Richtzahlen für die Stammzahlhaltung je ha nach der Durchforstung in Lärchenprovenienzversuchen als Funktion der Oberhöhe bei mäßiger Durchforstung. Göttingen, Manuskriptdruck, 9 S.