

Sonderdruck aus

Forstwissenschaftliches Centralblatt

102. Jahrgang (1983), H. 1, S. 18-36

Alle Rechte, auch die der Übersetzung, des Nachdrucks, der photomechanischen Wiedergabe und Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, vorbehalten.

© 1983 Verlag Paul Parey, Hamburg und Berlin



Zur Behandlung und Wuchsleistung der Kiefer

Von F. FRANZ

1 Zur Einleitung

Vor acht Jahren, auf der Münchner Hochschulwoche 1973, haben Herr Kollege BURSCHEL, Herr KROTH und ich in einer Vortragsreihe zu neuen Pflegekonzepten für die Fichte aus der Sicht des Waldbaus, der Forstlichen Betriebswirtschaftslehre und der Waldertragskunde Stellung genommen. Damals war die Diskussion um das Für und Wider einer Erweiterung der Pflanzverbände, eines Überganges zu zielbaumorientierten Auslesedurchforstungen und, damit verbunden, einer Senkung der Endbaumzahlen noch in vollem Gange, und wir versuchten aufzuzeigen, welche Abwandlungen des Wachstumsganges, der Volumenproduktion, des Sortenertrages und der Wertleistung unserer Fichtenbestände zu erwarten sind, wenn wir diese Pflegekonzepte anwenden (BURSCHEL 1974, FRANZ 1974, KROTH 1974).

Auch für andere Baumarten wurden in den vergangenen Jahren neue, von den bisherigen Konzepten z. T. erheblich abweichende Begründungs- und Pflegegrundsätze entwickelt, die zum großen Teil auch schon von der Praxis übernommen worden sind. Dies gilt besonders für die Kiefer, deren Pflege in den vergangenen Jahrzehnten auf großer Fläche vernachlässigt worden ist – sicher mit verursacht durch eine ganze Reihe inner- und außerbetrieblicher Sachzwänge, wie wir wissen, auf die ich hier nicht näher eingehen kann. Die Ergebnisse der Bayerischen Großrauminventur aus dem Jahre 1971 und der darauf aufbauenden Holzaufkommensprognose geben über das Ausmaß der Pflegerückstände, wie sie damals bestanden haben, beredte Auskunft. Die in letzter Zeit entwickelten Grundsätze für die Erziehung unserer Kiefernbestände wurden wesentlich mitgeprägt durch Erfahrungen und Erkenntnisse aus den schweren Sturm- und Schneebruchschäden der vergangenen Jahre und bedeuten in vielem eine Abkehr von den traditionellen Leitlinien des Kiefernwaldbaus. Sie sind ganz maßgeblich ausgerichtet auf höchstmögliche Betriebssicherheit. Wir können ihre waldbaulich-ertragskundlichen Merkmale stichwortartig wie folgt charakterisieren:

- Weitere Ausgangsverbände, d. h. verminderte Ausgangsbaumzahl.
- Frühzeitige Auswahl und langfristige Festlegung von Elitebäumen (Z-Bäumen) aus der Population der besten Wertzuwachssträger primär nach Vitalitäts- und Stabilitätskriterien. Die Auswahl erfolgt je nach Bonität im Alter 25 bis 40 bzw. nach Erreichen einer Oberhöhe von rund 13 bis 15 m.
- Frühzeitig beginnende, konsequente Förderung dieser Elitebäume durch intensive Auslesedurchforstung; der Übergang zu dieser Eingriffsart bedeutet eine Abkehr von der früher besonders für die Kiefer geforderten mäßigen, in kurzer Turnusfolge wiederholten Niederdurchforstung in der Hauptwachstumsphase.
- Verringerte Zahl der Durchforstungseingriffe ab U/2 bei gleichzeitiger Erhöhung des Hiebsanfalls je Durchforstungsereignis und abschließende Hiebsruhephase bis zur Endnutzung. Hierbei sollen Eingriffsfolge und Eingriffsstärke so bemessen werden, daß eine höchstmögliche Dimensions- und Wertleistung der Endnutzung ohne wesentliche Verluste an flächenbezogener Gesamtwuchsleistung erwartet werden kann.

Das hier nur grob skizzierte Behandlungskonzept umfaßt eine Reihe von Verfahrensvarianten, in denen die aufgeführten Behandlungsmerkmale unterschiedlich stark ausgeprägt

U.S. Copyright Clearance Center Code Statement:

0015-8003/83/10201-0018 \$ 02.50/0

Forstw. Cbl. 102 (1983), 18-36

© 1983 Verlag Paul Parey, Hamburg und Berlin

ISSN 0015-8003 / InterCode: FWSCAZ

sind. Wie bei der Fichte, so haben auch bei der Kiefer die Arbeiten von ABETZ in den siebziger Jahren ganz entscheidend zur Entwicklung und Verbreitung der neuen Behandlungsgrundsätze beigetragen (ABETZ 1970a, 1970b, 1972, 1976a, 1976b). Bahnbrechend waren vor allem seine Vorschläge „zur waldbaulichen Behandlung der Kiefer in der nordbairischen Rheinebene“ (1972), in denen ein geschlossenes Behandlungsmodell vorgestellt wird. In Bayern haben sich besonders der Lt. Forstdirektor WAGNER, Waldbaureferent in Regensburg, und der Amtsvorstand des Forstamtes Tirschenreuth, Forstdirektor DENK, mit der Weiterentwicklung unserer Kiefern-Behandlungskonzepte befaßt (WAGNER 1980, DENK 1974). Auch sie weisen – gestützt auf Erfahrungen aus den jüngsten Sturm- und Schnebruchkalamitäten – dem Aspekt der strukturellen Stabilität, der Produktionssicherheit also, vorrangige Bedeutung zu.

Neben betont Z-Baum-orientierten Behandlungskonzepten werden seit einigen Jahren auch Fortentwicklungen herkömmlicher Durchforstungsverfahren erprobt, die aufschlußreiche Ergebnisse erbrachten bzw. erwarten lassen.

Die folgenden Überlegungen stützen sich darüber hinaus auf Arbeitsergebnisse von BAADER (1934), DITTMAR u. Mitarbeiter (1976, 1981), ERTELD (1960), FLÖHR und KOHLSTOCK (1976), KOHLSTOCK (1975), KOHLSTOCK und LOCKOW (1981), KRAMER (1971, 1975, 1977), LEMBCKE u. Mitarbeiter (1981), OLBERG (1950), SCHMIDT (1971), STRATMANN (1977a, 1977b, 1982), WAGENKNECHT (1968) und WIEDEMANN (1948).

2 Wachstumsmodelle für die Kiefer – Basismodell, Modellvarianten, Datengrundlage –

2.1 Untersuchungskonzept

Im folgenden sollen die Ergebnisse einiger Modellrechnungen vorgestellt werden, mit denen die ertragskundlichen Erwartungswerte einiger Alternativen der Standraumregelung für die Kiefer hergeleitet wurden.

Die Berechnungen wurden mit einer erweiterten Fassung des Simulationsprogramms STAOET (FRANZ 1973a, 1977a) durchgeführt. Bei der Datenbereitstellung, den umfangreichen EDV-Arbeiten und der Zusammenstellung der Rechenergebnisse wurde der Verfasser von Herrn Forstoberrat FRANZ MEYER, Mitarbeiter im ertragskundlichen Versuchswesen der Bayerischen FVA, in überaus dankenswerter Weise unterstützt.

In die Untersuchungen wurden neben neueren Behandlungsvorschlägen auch einige herkömmliche Pflegekonzepte einbezogen, um die Änderungen der ertragskundlichen Tatbestände, die bei Anwendung der neueren Vorschläge zu erwarten sind, möglichst klar aufzeigen zu können. Im einzelnen wurden folgende Fragen untersucht:

1. Wie wirken sich verschiedene Ausgangsbaumzahlen, d. h. unterschiedliche Begründungsdichten, auf Wachstumsgang und Ertragsleistung der Kiefer aus, wenn wir ein gleiches Behandlungsprogramm unterstellen?
2. Welche Wachstumsgänge und Leistungsgrößen ergeben sich, wenn wir verschiedene Behandlungsprogramme bei gleicher Ausgangsbaumzahl zugrunde legen?

Es wurden mithin zwei Einflußkomponenten bei unseren Berechnungen variiert:

- die Ausgangsbaumzahl (wobei allerdings *nicht* noch zusätzlich der Verband bei gleicher Baumzahl variiert wurde) und
- der Prozeß der Standraumerweiterung, wie er in den verschiedenen Behandlungsalternativen vorgegeben ist.

2.2 Mäßige Durchforstung, starke Durchforstung, Lichtung

Die erste Tabelle zeigt, welche Kombinationen von Begründungsdichte und Behandlungsablauf untersucht und in Wachstumsmodellen erfaßt wurden. Neben den drei herkömmlichen Durchforstungsalternativen mäßige Niederdurchforstung, starke Niederdurchforstung und Lichtung, für die seit langem Ertragsfeldaten (z. B. im Tafelwerk von WIEDEMANN aus dem Jahre 1943) vorliegen, wurden die charakteristischen Ertragsselemente noch für folgende Alternativen berechnet:

- gestaffelte Durchforstung,
- Z-Baum-orientierte Auslesedurchforstung in Anlehnung an Vorschläge von ABETZ (1972),
- ein Wachstumsmodell nach dem Inventurbefund der Bayerischen Großrauminventur 1970/71.

Tabelle 1

Wachstumsmodelle für die Kiefer. Wachstumsgänge in Anlehnung an die II. Höhenbonität (nach WIEDEMANN 1943/48), mäßige Durchforstung - Begründungs- und Behandlungsvarianten -

Growth models for Scots pine. Stand growth with reference to site class II height curve of the WIEDEMANN yield table (1943/48) for moderate thinning. Variants of initial stand density and treatment discussed in the study

Behandlungsvariante	Kennzeichnung	Ausgangsbaumzahl in Tausend			
		20	15	12,5	10
Mäßige Durchforstung (Ndf)	m. Df	X	X	X	X
Starke Durchforstung	st. Df	.	X	.	.
Lichtung	Li	.	X	.	.
Gestaffelte Durchforstung (Hdf, Ndf)	gest. Df	X	X	X	X
Auslesedurchforstung mit 200 Z-Bäumen	Z 200 (mod)	.	X	.	.
Auslesedurchforstung mit 250 Z-Bäumen	Z 250 (mod)	.	X	.	.
Wuchsmodell nach GRI-Befund	GRI	.	X	.	.

2.3 Gestaffelte Durchforstung

Die gestaffelte Durchforstung ist eine Behandlungsart, die bei der Kiefer - im Unterschied zur Fichte - bisher nur in begrenztem Umfang angewandt wurde. Sie sieht - nach Abschluß der Läuterungen - neben Entnahmen unterständigen Materials - zunächst stärkere, dann mäßige Eingriffe in den herrschenden Bestand und in der zweiten Hälfte der Produktionszeit mäßige bis schwache Niederdurchforstungen vor. Eine abschließende Hiebsruhephase ist nach diesem gestaffelten Eingriffskonzept nicht vorgesehen.

2.4 Z-Baum-orientierte Auslesedurchforstung

Ferner haben wir die Ertragsselemente für zwei Varianten der Z-Baum-orientierten Auslesedurchforstung berechnet, wobei wir von dem Behandlungskonzept von ABETZ aus dem Jahre 1972 ausgingen, dieses jedoch durch etwas geringere Baumzahlensenkungen, als von ABETZ vorgesehen, bei den ersten Auslese-Eingriffen geringfügig modifizierten.

Die Kennzeichen des Z-Baumkonzeptes sind bekannt (s. auch Abschnitt 1):

- Geringere Ausgangsbaumzahl als bisher üblich oder - bei höherer Begründungsdichte - frühe baumzahlreduzierende Eingriffe in der Anfangsphase der Wuchsbeschleunigung.
- Auswahl, soweit möglich, von 200 Z-Bäumen aus der Population der besten Wertzuwachssträger nach den bereits genannten Auswahlkriterien bei Erreichen einer Oberhöhe von 13 bis 15 (16) m und anschließende Astung der Z-Bäume.
- In 2-m-Oberhöhenritten: anfangs stärkere, dann schwächere Auslesedurchforstungen, danach abschließende Niederdurchforstungen.

- Einstellung der Endbaumzahl bei Oberhöhe 26 m und anschließende Hiebsruhe bis zur Endnutzung.

Dieses Z-Baum-Konzept wurde in zwei Varianten durchgerechnet, und zwar

1. mit der vorgeschlagenen Endbaumzahl 200 und
2. mit einer auf 250 Z-Bäume erhöhten Endbaumzahl; diese Baumzahl entspricht in etwa dem Endbestand bei mäßiger Durchforstung in dem untersuchten Bonitätsbereich.

2.5 Wachstumsmodell nach Inventurbefund

Schließlich soll noch ein Wachstumsgang dargestellt werden, wie er in unseren Kiefernbeständen derzeit auf großer Fläche tatsächlich abläuft. Dieser Wachstumsablauf spiegelt zugleich auch einen Pflegezustand wider, der für große Teile der Kiefernfläche charakteristisch ist. Er soll uns die erheblichen Pflegeprobleme verdeutlichen, denen wir in unserer Kiefernwirtschaft heute gegenüberstehen. Die Kenngrößen zur Beschreibung dieses Wachstumsablaufes wurden aus den Ergebnissen der Bayerischen Großrauminventur 1970/71 abgeleitet (FRANZ 1973b, 1976, 1977b und FRANZ u. KENNEL 1973c-e).

2.6 Variation der Ausgangsbaumzahl

Die Wachstumsgänge und Leistungsgrößen, die bei Ansatz der aufgezählten Behandlungsalternativen zu erwarten sind, wurden zusätzlich noch nach vier Begründungsdichten variiert. Drei von ihnen, die Begründungsdichten

20 000, entsprechend Reihenverbänden von etwa 1.3 x 0.4 oder 1.5 x 0.33

15 000, entsprechend Reihenverbänden von etwa 1.65 x 0.4 oder 2 x 0.33

12 500, entsprechend Reihenverbänden von etwa 1.6 x 0.5 oder 2 x 0.4

charakterisieren bislang verwendete bzw. heute übliche Ausgangsbaumzahlen. Hinzugenommen wurde noch eine geringere Begründungsdichte, nämlich 10 000, entsprechend Reihenverbänden von 1.6 x 0.6, 2 x 0.5 oder 2.5 x 0.4. Die früher gebräuchlichen hohen Baumzahlen über 20 000 wurden nicht miteinbezogen, ebenso nicht die ausgesprochen geringen Dichten unter 10 000.

2.7 Datengrundlage für die Herleitung der Wachstumsmodelle

Bei der Herleitung der Wachstumsmodelle stützten wir uns in erster Linie auf Daten aus langfristiger Versuchsbeobachtung, daneben auch auf einmalig erhobene Probeflächendaten und - wie schon erwähnt - auf die Ergebnisse der Bayerischen Großrauminventur 1970/71 (Tab. 2).

Was die Versuchsflächendaten anbetrifft, so war es schwierig, hier eine ausreichende Datenbasis aus den bayerischen Versuchen zu gewinnen. Denn das bayerische Versuchswesen verfügt - im Unterschied zur Fichte - nur über wenige langfristige Kiefern-Durchforstungsversuche, insgesamt nur über neun, die zudem teilweise unvollständig, d. h. nicht mit den üblichen Standard-Versuchsvarianten ausgestattet sind. Wir haben darum, wie die zweite Übersicht zeigt, auch noch Ergebnisse außerbayerischer Versuche herangezogen. Hierzu gehören, neben einigen hessischen Durchforstungsversuchen, insbesondere die bekannten norddeutschen Verbandsversuche Hundeluft 133, Waldfriedeck 49 und Guschinen 56, über die WIEDEMANN in seiner Kiefernmonographie von 1948 ausführlich berichtet hat. Aus diesen Versuchen haben wir die wichtigsten Daten über den Einfluß des Ausgangsverbandes auf den Wachstumsgang der Kiefer hergeleitet.

Wachstumsmodelle für die Kiefer – Datengrundlage
Growth models for Scots pine. Data basis for model calculations

<p>I. Durchforstungsversuche und Ertragsprobeflächen a. Schlüsselfeld 49, 50, Bayreuth 51, Bayreuth 52, Kulmbach 53, Schaittenbach 56, 57, 58 b. Nidda 6, Alsfeld 15, Eudorf 17, Grebenau 20 (BAADER 1934, ASSMANN 1961) c. Falkenberg 106/107, Falkenberg 142/143, Panten 131 (ERTELD 1960), Chorin 97</p> <p>II. Verbandsversuche (Kulturversuche) Hundeluft 133, Waldfriedeck 49, Guschinen 56 (WIEDEMANN 1948)</p> <p>III. Sonstige Datengrundlagen a. Standort-Leistungstafeln für die Kiefer in der Oberpfalz, Tafeln für die Standorteinheiten Tripel (T 24), Lehm (L 25 – L 28) und Vaccinium (V 25 – V 27) von A. SCHMIDT (1971) b. Ungedüngt-Parzellen von Düngungsversuchen in der Oberpfalz c. Probeflächen im norddeutschen Diluvialgebiet, Untersuchungsgebiete Hagenow-Parchim, Rheinsberg, Wiesenburg, Beeskow-Fürstenwalde; 80 Flächen, nur für Vorstudien (FRANZ – KOPP – PAGEL 1960) d. Ergebnisse der Bayerischen Großrauminventur 1970/71 und der Holzaufkommensprognose für Bayern 1973/74</p>
--

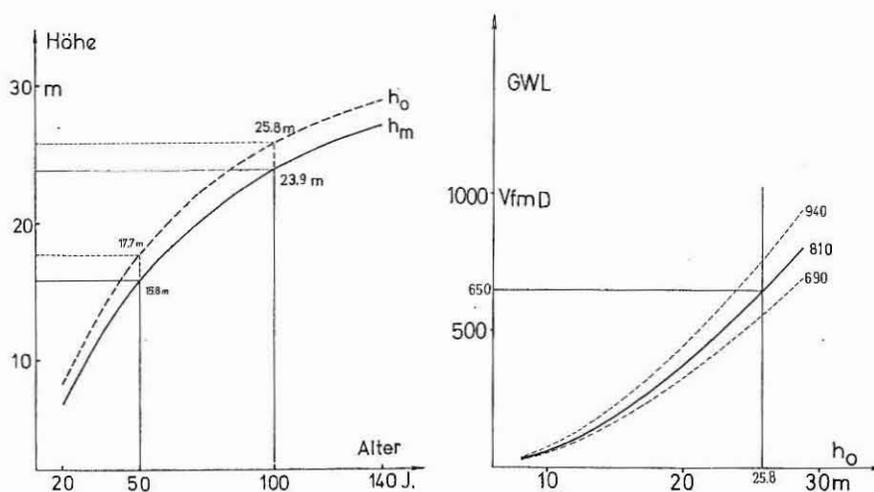


Abb. 1. Kiefer II. Bonität (mod.), mäßige Durchforstung, Ausgangsbaumzahl $N = 15\ 000$. Linke Seite: Altershöhenkurven der Oberhöhe (h_0) und der Mittelhöhe (h_m), rechte Seite: Grenzkurven des Ertragsniveaus (gestrichelte Kurven) und Ertragsniveaukurve für eine mittlere Leistungsebene (m. LE) (ausgezogene Kurve)

Fig. 1. Scots pine, site class II (modified), moderate thinning, initial number of trees per hectare: $N = 15\ 000$. Left: Site class curves of top height (h_0) and mean height (h_m), age 20–140, right: Boundary lines of yield level (GWL) (dashed lines) and curve of medium yield level (m. LE) (solid line), top height range 8–29 m

2.8 Bonitätsebene der Wachstumsmodelle und zugrunde gelegtes Ertragsniveau

Den Berechnungen wurde ein Altershöhenverlauf zugrunde gelegt, der etwa der II. Höhenbonität der Kieferntafel von WIEDEMANN 1943 folgt (II. Bon.[mod.], s. Abbildung 1, linke S.). Bestände dieser Bonität erreichen im Alter 100 eine Mittelhöhe von rund 24 m und eine Oberhöhe von etwa 26 m. Die verschiedenen Behandlungsvarianten wurden bis

zum Alter 140 verfolgt. In diesem Alter liegt die erwartete Mittelhöhe bei 27 m und die Oberhöhe bei knapp 29 m.

Bei dieser Altershöhenentwicklung sind – selbst bei gleicher Behandlung – auch in Bayern deutliche standortsbedingte Unterschiede in der Wuchsleistung zu erwarten, die in einem unterschiedlichen Ertragsniveau zum Ausdruck kommen (Abb. 1, rechts). Das standortbedingte Ertragsniveau herkömmlich begründeter, mäßig durchforsteter Bestände variiert nach unseren bisherigen Feststellungen etwa in dem Bereich, der auf der Abbildung gestrichelt abgegrenzt ist. Die Gesamtwuchsleistungen liegen hiernach zum Beispiel bei der Oberhöhe 26 m, die von Beständen der hier untersuchten II. Bonität etwa im Alter 100 erreicht wird, zwischen 750 und 560 VfmD. Wir gingen bei unseren Untersuchungen von einer mittleren Ebene standörtlicher Produktivität (mittlere Leistungsebene = m. LE) aus, die durch die eingezeichnete Leistungskurve wiedergegeben wird. Diese Leistungskurve folgt in etwa der Ertragsniveaukurve der Kieferntafel von WIEDEMANN.

3 Mäßige Durchforstung, starke Durchforstung und Lichtung bei herkömmlicher Begründungsdichte

Bevor wir nun die Wachstumsgänge und Leistungsgrößen, die bei verschiedener Begründungsdichte und unter dem Einfluß der neueren Erziehungskonzepte zu erwarten sind, miteinander vergleichen, wollen wir uns noch einmal die herkömmlichen Modelle der Kieferndurchforstung, die „Standardverfahren“ der mäßigen und starken Niederdurchforstung und der Lichtung – in einer gegenüber den Tafelangaben veränderten Fassung – vor Augen führen (Abb. 2 u. 3).

Auf Abbildung 2 ist die Baumzahlenentwicklung nach den drei Eingriffsstärken bei zehnjährigem Eingriffsturnus für eine Ausgangsbaumzahl von 15 000 wiedergegeben. Wir ersehen aus dieser Abbildung:

1. Bis zum Alter 30, entsprechend einer Oberhöhe von 12 m, unterscheiden sich die drei Eingriffsstufen in der Baumzahlhaltung kaum voneinander. Keine der drei Stufen unterschreitet die Baumzahlschwelle von 3000, die bislang zur Sicherung einer optimalen Qualitäts- und Volumenproduktion für erforderlich gehalten wurde.
2. Auch bis zum Alter 40, in dem die zuwachspastische Phase der Wuchsbeschleunigung abzuklingen beginnt – diese Phase läuft ja bei der Kiefer wesentlich schneller ab als z. B. bei der Fichte oder der Buche –, ist die Baumzahlhaltung noch vergleichsweise hoch und zudem zwischen den drei Eingriffsstufen noch relativ wenig differenziert.
3. Diese Differenzierung beginnt in stärkerem Umfange erst ab Alter 50, d. h. verhältnismäßig spät. Sie setzt sich dann bis zum Endnutzungsalter verstärkt fort. In diesem Altersbereich führen stärkere Eingriffe zu direkten Zuwachsverlusten. Sie werden in Kauf genommen, um möglichst starke Dimensionen im Endbestand erzielen zu können.
4. Die Endbaumzahlen der drei Eingriffsstufen liegen zwischen 150 und 275. Für eine optimale Volumenproduktion sind in der abschließenden Produktionsphase ab Alter 120 nach unseren Berechnungen in Beständen der II. Bonität mindestens 250 Bäume erforderlich.
5. Die anfangs relativ vorsichtigen, ab Alter 50 verstärkten Eingriffe bei starker Durchforstung und Lichtung kommen besonders deutlich in der Grundflächenentwicklung nach anfänglich steilem Anstieg bis zur Endnutzung zum Ausdruck (vgl. Abb. 3). Während sich die Grundfläche bei mäßiger Durchforstung auf annähernd gleicher Höhe bewegt und in etwa der natürlichen Dichteentwicklung folgt, nimmt die Bestockungsdichte bei starker Durchforstung und Lichtung in der zweiten Hälfte der Umtriebszeit fortlaufend ab. In dieser Produktionsphase reagiert die Kiefer auf Grundflächensenkungen besonders empfindlich durch verminderte flächenbezogene Volumenzuwachsleistungen.

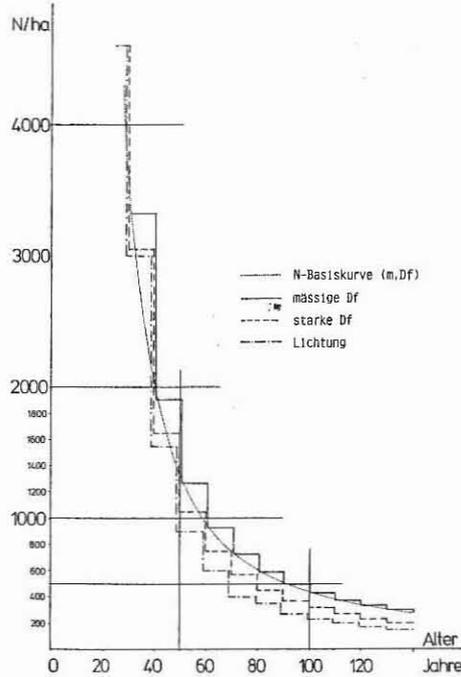


Abb. 2. Kiefer II. Bonität (mod.), m. LE, Ausgangsbaumzahl $N = 15\,000$, mäßige Durchforstung, starke Durchforstung und Lichtung. Baumzahlentwicklung

Fig. 2. Scots pine, site class II (mod.), m. LE, initial number of trees: $N = 15\,000$, moderate thinning, heavy thinning and light felling. Development of number of trees (N/ha)

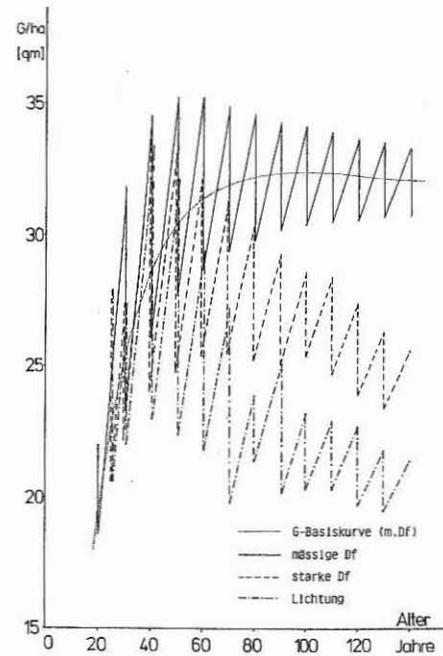


Abb. 3. Kiefer II. Bonität (mod.), m. LE, Ausgangsbaumzahl $N = 15\,000$, mäßige Durchforstung, starke Durchforstung und Lichtung. Grundflächenentwicklung

Fig. 3. Scots pine, site class II (mod.), m. LE, initial number of trees: $N = 15\,000$, moderate thinning, heavy thinning and light felling. Development of basal area (G/ha)

Diese Grundflächenentwicklung mit ihrer anfangs hohen, am Ende niedrigen Bestockungsdichte verläuft, wie wir noch sehen werden, entgegengesetzt zur stabilitäts- und zuwachsoptimalen Grundflächenhaltung. Am Ende der Umtriebszeit erstreckt sich die Produktionsebene der drei herkömmlichen Eingriffsstufen über den sehr breiten Grundflächenrahmen von rund 20 bis 33 qm.

6. In Tabelle 3 werden die beschriebenen Zusammenhänge anhand einiger Leistungsgrößen verdeutlicht, die bei Anwendung der drei Behandlungsvarianten im Alter 140 zu erwarten sind.

4 Einfluß der Begründungsdichte auf Wachstumsgang und Ertragsleistung bei gleicher Behandlung

4.1 Vergleichsgrundlage

Am Beispiel herkömmlicher Durchforstungsprogramme wurde aufgezeigt, welchen Einfluß unterschiedliche Eingriffsstärken bei gleicher Begründungsdichte auf den Wachstumsgang und die Ertragsleistung der Kiefer ausüben. Es soll nun untersucht werden, wie sich umgekehrt unterschiedliche Begründungsdichten bei gleicher Behandlung auf die Leistungs-

Tabelle 3

Kiefer II. Bonität (mod.) m. LE, Ausgangsbaumzahl $N = 15\,000$, Alter 140. Mäßige Durchforstung (m. Df), starke Durchforstung (st. Df) und Lichtung (Li). Ertragskundliche Erwartungswerte für das Alter 140

Scots pine, site class II (mod.), m. LE, initial number of trees: $N = 15\,000$. Moderate thinning (m. Df), heavy thinning (st. Df), and light felling (Li). Characteristic growth and yield parameters calculated for age 140

Behandlung	N_{140}	d_{m140} cm	G_{140} qm	V_{140} VfmD	GWL_{140} VfmD	$GWL\%$ v.m.Df	VNP_{140}
m. Df	273	37,8	30,7	375	814	100	54,0
st. Df	200	40,3	25,6	317	770	95	58,7
Li	150	42,7	21,4	270	723	89	62,5

größen der Kiefer auswirken. Dies soll am Beispiel einer mäßigen Durchforstung und zusätzlich am Modell einer gestaffelten Durchforstung dargestellt werden, deren Merkmale eingangs beschrieben wurden.

4.2 Zugrunde gelegte Baumzahlentwicklung

Abbildung 4 gibt die Entwicklung der Baumzahl wieder, die dem Vergleich der verschiedenen Begründungsdichten zugrunde gelegt wurde. Aus dieser Abbildung, die Entwicklungsgänge bei zehnjähriger Eingriffsfolge wiedergibt, sind die charakteristischen Unterschiede in der Baumzahlhaltung bei mäßiger und gestaffelter Durchforstung zu ersehen:

1. Bis zum Alter 50, entsprechend einer Oberhöhe von 18 m, deutlich geringere Baumzahlen bei gestaffelter Durchforstung als Ergebnis stärkerer Anfangseingriffe. Im Alter 30, bei einer Oberhöhe von 12 m, wird sogar die bisher als kritischer Grenzwert geltende Baum-

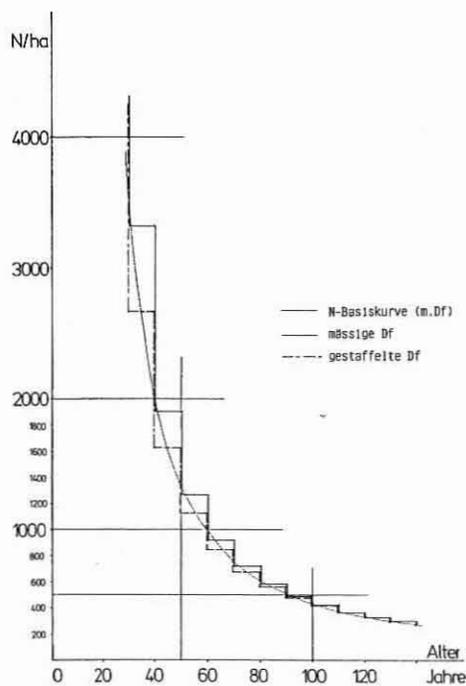


Abb. 4. Kiefer II. Bonität (mod.), m. LE, mäßige Durchforstung und gestaffelte Durchforstung. Baumzahlentwicklung

Fig. 4. Scots pine, site class II (mod.), m. LE, moderate thinning and thinning with decreasing intensity. Development of number of trees (N/ha)

- zahl von 3000 geringfügig unterschritten ($N = 2600$). Diese Absenkung hält sich indes in einem waldbaulich und ertragskundlich voll vertretbaren Rahmen. Sie läßt erwarten, daß
- die strukturelle Stabilität deutlich erhöht wird und
 - die Volumen- wie auch die Dimensionsleistung durch stärkere Ausnutzung des Wuchsbeschleunigungseffektes, durch eine „Lockerung der dichtebedingten Wachstumsbremsen“, angehoben wird, und zwar
 - ohne daß hier schon Qualitätsminderungen befürchtet werden müssen.
2. In der Endphase der Produktion, etwa ab Alter 100, Einstellung auf die relativ hohen Endbaumzahlen der mäßigen Durchforstung.
Die in dieser Phase angestrebte hohe Baumzahlhaltung bietet die Voraussetzung für eine annähernd optimale flächenbezogene Leistung bei gleichzeitiger hoher Dimensionsleistung des Endbestandes. Die beschriebene Eingriffsfolge mit ihren anfangs starken und am Ende schwachen Eingriffen verkörpert gleichsam das „Alternativprogramm“ zur herkömmlichen starken Durchforstung und zur Lichtung.

4.3 Durchmesser- und Grundflächenentwicklung unter dem Einfluß unterschiedlicher Begründungsdichte

Welchen Einfluß hat nun eine unterschiedliche Begründungsdichte auf die Entwicklung der Kiefer, wenn wir die beschriebenen Behandlungen nach Abbildung 4 einheitlich zugrunde legen? Dies soll die folgende Abbildung verdeutlichen, auf der die Entwicklung der mittleren Durchmesser und der Grundflächen für Bestände mit den Ausgangsbaumzahlen

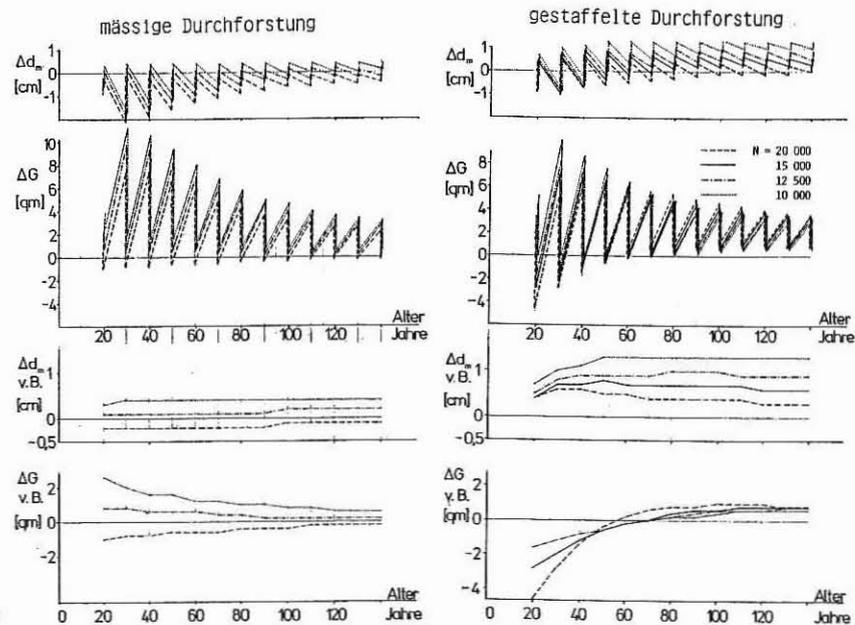


Abb. 5. Kiefer II. Bonität (mod.), m. LE, Ausgangsbaumzahlen 20 000, 12 500 und 10 000, mäßige Durchforstung und gestaffelte Durchforstung, Durchmesser- und Grundflächenentwicklung, verglichen mit den Bezugswerten für $N = 15\ 000$, mäßige Durchforstung, verbl. Bestand (O-Linien)

Fig. 5. Scots pine, site class II (mod.), m. LE, initial numbers of trees: 20 000, 12 500 and 10 000, moderate thinning and thinning with decreasing intensity (in addition with $N = 15\ 000$). Development of mean diameter and basal area (Δd_m and ΔG) compared with reference values calculated for initial stand density $N = 15\ 000$, residual stand after moderate thinning (Zero-lines)

20 000, 12 500 und 10 000 im Vergleich zur Ausgangsbaumzahl 15 000 für einen zehnjährigen Durchforstungsurnus dargestellt ist (Abb. 5). Die Durchmesser und Grundflächen sind als Differenzwerte zu den Größen des verbleibenden Bestandes der Begründungsdichte 15 000, mäßige Durchforstung, dargestellt, deren Leistungsebene jeweils als O-Linie eingezeichnet ist. Aus Abbildung 5 sind folgende wichtige Tatbestände zu entnehmen:

1. Die mittleren Durchmesser wie auch die Bestandesgrundflächen sind bei gleicher (baumzahl-datiert) Behandlung deutlich nach der Begründungsdichte gestaffelt.
2. Hierbei liegen die Werte um so höher, je niedriger die Ausgangsbaumzahl ist.
3. Die Differenzierung beginnt erwartungsgemäß bereits sehr früh und hält dann, was besonders hervorzuheben ist, über das gesamte Bestandesleben mehr oder minder gleichbleibend an (vgl. Abb. 5 unten).
4. Die Kiefer verhält sich hier wie die Fichte. Die Unterschiede zwischen den Begründungsdichten sind jedoch geringer als bei der Fichte. Sie liegen z. B. beim mittleren Durchmesser des verbleibenden Bestandes (Unterschiede zwischen höchster und geringster Begründungsdichte) durchwegs unter 1.5 cm. Doch auch die vergleichsweise geringen Differenzen haben, wie aus den folgenden Übersichten hervorgeht, einen deutlichen Einfluß auf die Volumenleistung.
5. Die gestaffelte Durchforstung führt zu einer höheren Durchmesserleistung gegenüber der mäßigen Durchforstung (O-Linie), wobei auch hier die Staffelung nach der Begründungsdichte über das ganze Bestandesleben erhalten bleibt. Die Grundfläche (vgl. B.) ist erwartungsgemäß anfangs niedriger, ab Alter 70 jedoch erkennbar höher als bei mäßiger Durchforstung.

4.4 Entwicklung der Gesamtwuchsleistung unter dem Einfluß unterschiedlicher Begründungsdichte

Die deutlich gegliederten Durchmesser- und Grundflächenentwicklungen führen zu einer ebenso klaren Staffelung der Gesamtwuchsleistung nach der Begründungsdichte (Abb. 6).

1. Auch hier tritt die Staffelung schon früh ein und hält bis zum Ende des Bestandeslebens an.

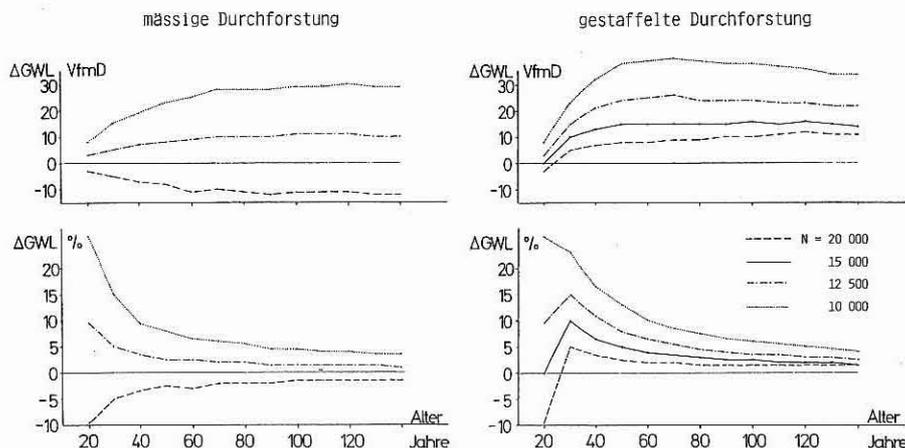


Abb. 6. Kiefer II. Bonität (mod.), m. LE, Ausgangsbaumzahlen 20 000, 12 500 und 10 000, mäßige Durchforstung und gestaffelte Durchforstung. Abweichung der Gesamtwuchsleistung von den Bezugswerten bei N = 15 000, mäßige Durchforstung (O-Linien)

Fig. 6. Scots pine, site class II (mod.), m. LE, initial numbers of trees: 20 000, 12 500 and 10 000, moderate thinning and thinning with decreasing intensity (in addition with N = 15 000). Differences between total volume production (Δ GWL) and gross yield calculated for initial stand density N = 15 000, moderate thinning (Zero-lines)

2. Die geringste Begründungsdichte ($N = 10\,000$) erreicht bei mäßiger Durchforstung gegenüber der Bezugsdichte $15\,000$ eine Mehrleistung von rd. 30 VfmD. Bestände mit der höchsten hier verglichenen Ausgangsbaumzahl ($N = 20\,000$) liegen in ihrer Gesamtwuchsleistung um rd. 10 VfmD unter dieser Bezugsleistung.
 3. Bei gestaffelter Durchforstung steigt die Gesamtleistung gegenüber der gleichen Bezugsleistung bei mäßiger Durchforstung insgesamt an. Die Staffelung nach der Begründungsdichte bleibt hierbei erhalten; die Unterschiede zwischen der höchsten und der geringsten Ausgangsbaumzahl sind jedoch deutlich geringer als bei mäßiger Durchforstung.
 4. Die prozentischen Abweichungen von der Bezugsleistung sind anfangs sehr hoch. Sie betragen zunächst über 20 Prozent, gehen dann stärker zurück und erreichen schließlich Endwerte von rd. +4 Prozent ($N = 10\,000$) bis -1 Prozent ($N = 20\,000$, m. Df).
- In Tabelle 4 sind die wichtigsten Endbestandsgrößen, die bei mäßiger und gestaffelter Durchforstung nach den beschriebenen Behandlungsprogrammen im Alter 140 zu erwarten sind, für die vier Begründungsvarianten zusammengestellt.

Tabelle 4

Kiefer II. Bonität (mod.), m. LE, mäßige Durchforstung (m. Df) und gestaffelte Durchforstung (gest. Df). Ausgangsbaumzahlen 20 000, 15 000, 12 500 und 10 000. Ertragskundliche Erwartungswerte für das Alter 140

Scots pine, site class II (mod.), moderate thinning (m. Df) and thinning with decreasing intensity (gest. Df). Initial numbers of trees: 20 000, 15 000, 12 500 and 10 000. Characteristic growth and yield parameters calculated for age 140

Behandlung	N in Tsd.	N ₁₄₀	h _m 140 m	d _m 140 cm	G ₁₄₀ qm	V ₁₄₀ VfmD	GWL ₁₄₀ VfmD	GWL % v.m.Df	VNP ₁₄₀
m. Df	20	273	27,0	37,7	30,4	371	802	99	53,9
	15	273	27,1	37,8	30,7	375	814	100	54,0
	12,5	273	27,1	38,0	30,9	378	824	101	54,2
	10	273	27,2	38,2	31,3	382	843	104	54,8
gest. Df	20	277	27,2	38,1	31,6	386	825	101	53,3
	15	273	27,3	38,4	31,6	387	828	102	53,2
	12,5	269	27,4	38,7	31,6	388	836	103	53,6
	10	261	27,5	39,1	31,3	386	848	104	54,4

5 Neuere Vorschläge zur Erziehung stabiler Kiefernbestände mit hoher Volumen- und Wertleistung – Vergleich mit einem Wuchsmodell mit Durchforstungsansätzen nach Daten der Bayerischen Großrauminventur (GRI) und Holzaufkommensprognose

5.1 Gestaffelte Durchforstung, Z-Baum-orientierte Auslesedurchforstung und Durchforstungsansätze nach GRI-Befund

Das Behandlungskonzept der gestaffelten Durchforstung, das hier für verschiedene Ausgangs-Bestockungsdichten vorgestellt wurde, läßt bei konsequenter Anwendung

- eine hohe Stabilität besonders in der kritischen ersten Hälfte der Produktionszeit und zugleich
- eine nahezu optimale Volumenleistung wie auch
- eine hohe Dimensions- und Wertleistung erwarten.

Noch stärker auf die Sicherung der Stabilität, bei gleichzeitiger Gewährleistung einer möglichst hohen Dimensions- und Wertleistung, ist das Konzept der Z-Baum-orientierten Auslesedurchforstung in seinen verschiedenen Varianten ausgerichtet. Die ertragskundli-

chen Erwartungswerte für dieses Konzept sollen im folgenden kurz dargestellt und mit denen der mäßigen und der gestaffelten Durchforstung verglichen werden.

Den Behandlungsvarianten der gestaffelten Durchforstung und der Z-Baum-orientierten Auslesedurchforstung soll schließlich ein Entwicklungsgang gegenübergestellt werden, der einen Pflegezustand und daraus resultierende Leistungsmöglichkeiten der Kiefer widerspiegelt, wie sie – nach den Ergebnissen der Bayerischen Großrauminventur (GRI) und der darauf aufbauenden Holzaufkommensprognose – zum Inventur-Stichtag und danach auf beträchtlicher Fläche bestanden haben.

5.2 Baumzahl- und Grundflächenentwicklung bei gestaffelter Durchforstung, Auslesedurchforstung und Bestandesbehandlung nach GRI-Befund

5.2.1 Baumzahlentwicklung

Auf der folgenden Abbildung 7 sind die Entwicklungen der Baumzahlen dargestellt, die die beschriebenen Pflegekonzepte charakterisieren. Zugrunde gelegt ist eine Ausgangsbaumzahl von 15 000. Links sind die Baumzahlentwicklungen für die Z-Baum-orientierte Auslesedurch-

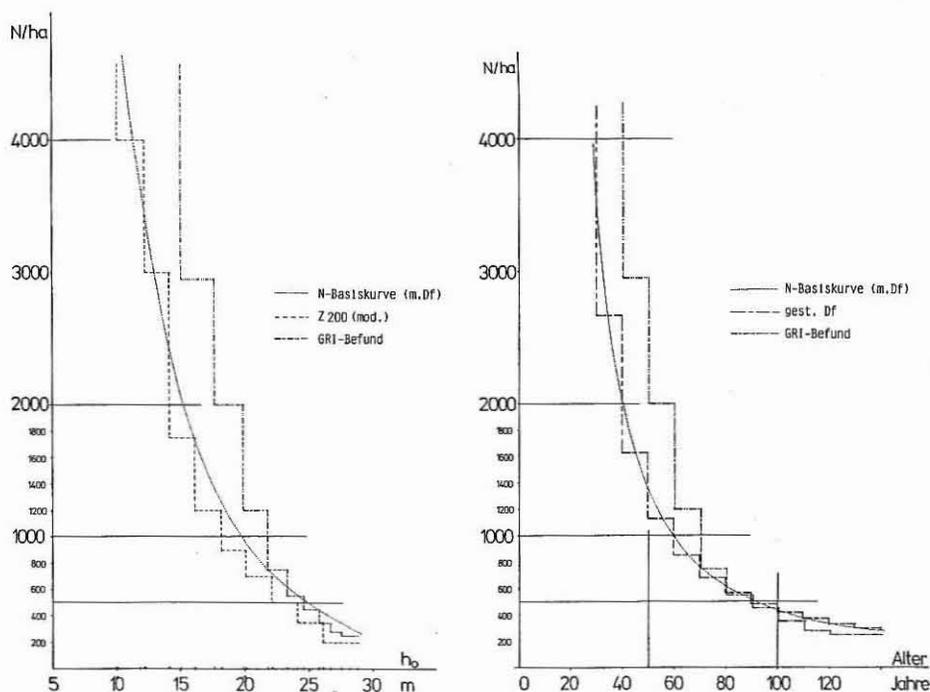


Abb. 7. Kiefer II. Bonität (mod.), m. LE, Ausgangsbaumzahl $N = 15\,000$. Linke Seite: Auslesedurchforstung Z 200 (mod.) und Wachstumsmodell nach GRI-Befund: Baumzahlentwicklung über der Oberhöhe, rechte Seite: gestaffelte Durchforstung und Wachstumsmodell nach GRI-Befund: Baumzahlentwicklung über dem Alter

Fig. 7. Scots pine, site class II (mod.), m. LE, initial number of trees: $N = 15\,000$. Left: Selective thinning regime Z 200 (mod.) and growth model based on results of the Bavarian forest inventory of 1970/71: Development of number of trees (N/ha), plotted over top height (h_0), right: Treatment program with decreasing intensity of thinnings (Figures 4–6) and growth model based on results of the Bavarian forest inventory of 1970/71: Development of number of trees (N/ha), plotted over age

forstung und die Behandlungsfolge nach dem GRI-Befund über der Oberhöhe wiedergegeben, rechts die Baumzahlhaltung für die gestaffelte Durchforstung und – zum Vergleich – nochmals die Baumzahlkurve nach dem GRI-Befund, diesmal über dem Alter aufgetragen.

Die stetig verlaufende punktierte Linie stellt wiederum die sogenannte Baumzahl-Basiskurve für das Wachstumsmodell der II. Bonität dar, an der alle anderen Baumzahlkurven orientiert sind. Sie beschreibt eine theoretische Baumzahlentwicklung, wie sie sich bei Annahme einer fortlaufend geringen jährlichen Baumzahlsenkung etwa ergeben würde. Das Kurvenniveau entspricht etwa dem einer mäßigen Durchforstung. Wir stellen folgendes fest:

1. Die Baumzahlhaltung nach der hier herangezogenen Variante einer Z-Baum-orientierten Durchforstung folgt in 2-m-Oberhöhenritten etwa bis zur Oberhöhe 16 m – entsprechend einem Alter von ca. 45 Jahren – derjenigen einer gestaffelten Durchforstung.
2. Ab Oberhöhe 20 m bis zum Eintritt der Hiebsruhe bei Oberhöhe 26 m wird die Baumzahlhaltung gegenüber den Vergleichswerten der Basisurve deutlich abgesenkt. Gerade in diesem Oberhöhenbereich sollte eine höhere Baumzahlhaltung zur Sicherung einer vollen Flächenproduktion angestrebt werden.
3. Die Baumzahlkurve nach dem GRI-Befund zeigt bis zu einer Oberhöhe von 22 m bzw. einem Alter von 70 Jahren eine ganz erhebliche Überbestockung an, die gravierende, nicht mehr kompensierbare Minderleistungen zur Folge hat. Danach wird sie auf die

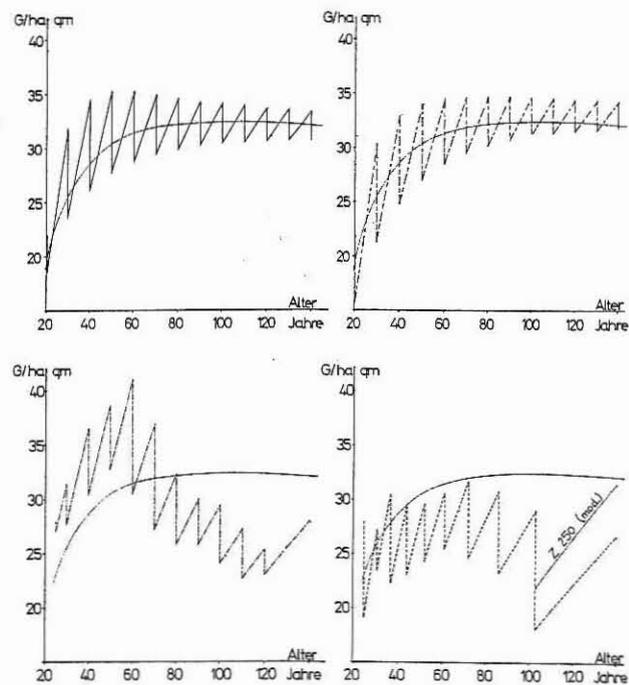


Abb. 8. Kiefer II. Bonität (mod.), m. LE, Ausgangsbaumzahl $N = 15\,000$. Grundflächenentwicklung. Mäßige Durchforstung (oben links), gestaffelte Durchforstung (oben rechts). Wachstumsmodell nach GRI-Befund (unten links), Auslesedurchforstung Z 200/Z 250 (mod.) (unten rechts). Ausgezogene Kurvenverläufe: Grundflächen-Basiskurven (mittlere Modellkurven) für die mäßige Durchforstung

Fig. 8. Scots pine, site class II (mod.), m. LE, initial number of trees: $N = 15\,000$. Development of basal area (G/ha). Moderate thinning (upper left), thinning with decreasing intensity (upper right), growth model based on results of the Bavarian forest inventory of 1970/71 (lower left) and selective thinning regimes Z 200 and Z 250 (mod.) (lower right). Reference curves (solid lines): Basal area guide curves of the stand growth simulation model for site class II (approximately moderate thinning level)

Höhe der Bezugskurve und ab Oberhöhe 26 m (Alter 100) sogar noch unter diese abgesenkt.

5.2.2 Entwicklung der Bestandesgrundfläche

Die Entwicklungskurven der Grundfläche geben diese Zusammenhänge noch deutlicher wieder (Abb. 8). Die Grundflächenherleitung ergab

- bei der gestaffelten Durchforstung (oben rechts) zunächst eine deutlich geringere, später sogar eine etwas höhere Grundflächenhaltung als bei der mäßigen Durchforstung (oben links),
- bei der Z-Baum-orientierten Durchforstung (unten rechts) ab Alter 45 eine niedrige, zunehmend absinkende Grundflächenhaltung, die erst ab Alter 100, nach Eintritt der Hiebsruhe, wieder deutlich ansteigt,
- nach dem GRI-Befund (unten links) eine viel zu hohe Bestockungsdichte in der reagiblen Jungbestandsphase, ab Alter 100 dagegen eine deutlich abgesenkte Grundflächenhaltung.²

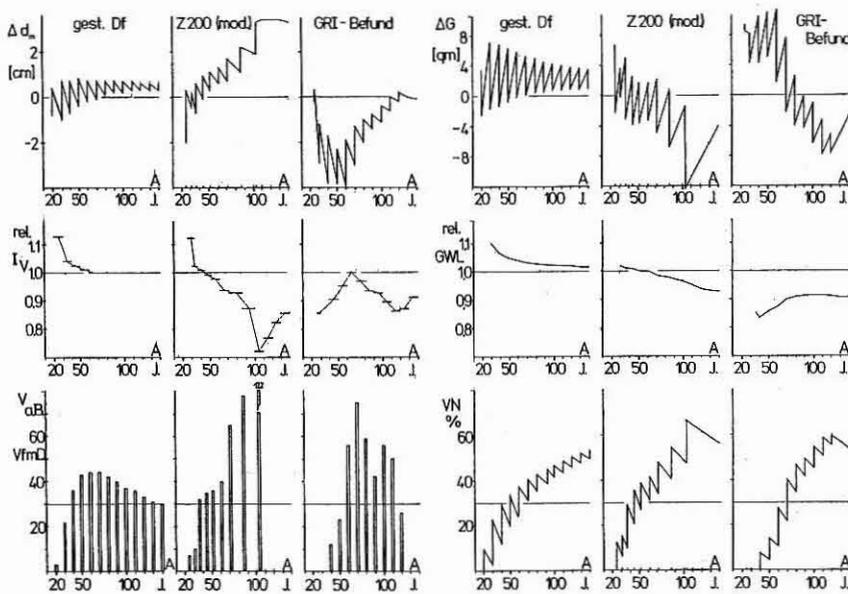


Abb. 9. Kiefer II. Bonität (mod.), m. LE, Ausgangsbaumzahl $N = 15\,000$. Gestaffelte Durchforstung (gest. Df), Auslesedurchforstung Z 200 (mod.) und Wachstumsmodell nach GRI-Befund. Entwicklung der mittl. Durchmesser, Grundflächen, laufenden Zuwächse und Gesamtwuchsleistungen, verglichen mit den Bezugswerten für die mäßige Durchforstung, verbleibender Bestand (O- bzw. 1,0-Linien). Unten: Ausscheidender Bestand und Vornutzungsprozent

Fig. 9. Scots pine, site class II (mod.), m. LE, initial number of trees: $N = 15\,000$. Thinning with decreasing intensity, selective thinning regime Z 200 (mod.), and growth model based on results of the Bavarian forest inventory of 1970/71: Development of mean diameter, basal area, current volume increment and total volume production, compared with reference values for residual stand after moderate thinning (Zero-lines, 1,0-lines respectively). Below: Volume from thinnings and thinning percentages

² Die auf Abbildung 8 eingezeichneten Grundflächen-Basiskurven sind nicht zu verwechseln mit den Verläufen der Grundfläche des verbleibenden Bestandes (mäßige Durchforstung), die als Bezugsgrößen (O-Linien) auf Abbildungen 5 und 9 übernommen wurden.

5.3 Die Entwicklung der mittleren Durchmesser, Volumenzuwächse und Gesamtwuchsleistungen sowie der ausscheidenden Bestandsvorräte und der Vornutzungsprozente unter dem Einfluß der vier Behandlungsprogramme

5.3.1 Vergleich der ertragskundlichen Erwartungswerte

Derart große Unterschiede in der Baumzahl- und Grundflächenhaltung schlagen sich natürlich auch deutlich in der Durchmesserentwicklung, der Volumenleistung und der Zusammensetzung des ausscheidenden Bestandes der vier Behandlungsarten nieder. Auf Abbildung 9 sind die Abweichungen der mittleren Durchmesser, Grundflächen, laufenden Zuwächse und Gesamtwuchsleistungen von den Leistungsgrößen der mäßigen Durchforstung (O-Linien bzw. 1.0°Linien) über dem Alter wiedergegeben. Darunter sind die Volumina des ausscheidenden Bestandes und die Vornutzungsprozente dargestellt. Zugrunde gelegt wurde wieder einheitlich eine Ausgangsbaumzahl von 15 000.

5.3.2 Entwicklung des mittleren Durchmessers

Sehr groß sind erwartungsmäßig die Unterschiede in der Entwicklung des mittleren Durchmessers:

- Bei gestaffelter Durchforstung werden die größten positiven Abweichungen schon in frühem Alter (50 J.) erreicht. Sie bleiben in leicht abnehmender Größenordnung über das ganze Bestandesleben erhalten und liegen durchwegs unter + 1 cm.
- Ganz anders verläuft die Durchmesserentwicklung bei der Auslesedurchforstung mit 200 Z-Bäumen: Hier nehmen die Unterschiede bis zum Hiebsruhealter deutlich zu. Im Endbestand liegt der mittlere Durchmesser rd. 3,5 cm über dem der mäßigen Durchforstung.
- Demgegenüber fallen die Durchmesserleistungen nach dem GRI-Befund, gebremst durch zu hohe Bestockungsdichte, bis etwa zum Alter 70 ganz erheblich zurück. Sie holen nach Einsetzen der verspäteten, stärkeren Eingriffe wieder auf und erreichen im Endbestand (ab Alter 110) das Durchmesser-niveau der mäßigen Durchforstung.

5.3.3 Laufender Volumenzuwachs und Gesamtwuchsleistung

Beim laufenden Zuwachs und der Gesamtwuchsleistung tritt ebenfalls schon sehr früh eine starke Differenzierung ein:

- Hohe Mehrleistungen bis etwa zum Alter 50 bei der stärker eingreifenden gestaffelten Durchforstung und kurzzeitig bei der Auslesedurchforstung, stark gebremste Leistung nach dem GRI-Befund.
- Im höheren Alter gleichbleibend hohe Leistung (auf der Leistungshöhe der mäßigen Durchforstung) bei gestaffelter Durchforstung, nachlassender Zuwachs bei der Auslesedurchforstung, gleichbleibend niedrige Leistung nach dem GRI-Befund.

5.3.4 Gliederung des ausscheidenden Bestandes und Entwicklung des Vornutzungsprozentes

Die Gegenläufigkeiten im Zuwachsgang spiegeln sich auch in der Altersgliederung des ausscheidenden Bestandes (zehnjährige Durchforstungsanfänge) und in der Entwicklung des Vornutzungsprozentes wider:

- Frühe starke Entnahmen bis zu 45 VfmD im Alter 70 bei der gestaffelten Durchforstung, danach auf 30 VfmD absinkende Vornutzungen im höheren Alter.
- Ebenfalls früh beginnende, jedoch bis zur Hiebsruhe auf über 100 VfmD steigende Vornutzungen bei der Z-Baum-orientierten Auslesedurchforstung.
- Spät beginnende, im höheren Alter hohe Vornutzungen (bis zu 75 VfmD) nach dem GRI-Befund.

- Das Vornutzungsprozent erreicht bei gestaffelter Durchforstung schon früh recht hohe Werte (37 Prozent [v. B.] im Alter 60); sie steigen dann bis zum Endalter stetig an (53 Prozent im Alter 140).
- Bei der Auslesedurchforstung: früher starker Anstieg des Vornutzungsprozents auf 66 Prozent, danach Rückgang auf 56 Prozent im Alter 140.
- Anfangs sehr geringe, ab Alter 70 steil ansteigende Vornutzungsprozente nach dem GRI-Befund (59 Prozent im Alter 120); bis zum Endalter geringer Rückgang auf 54 Prozent.

5.4 Zusammenfassende Beurteilung der vier Eingriffsarten

Die letzte Tabelle 5 enthält die wichtigsten ertragskundlichen Erwartungswerte für die miteinander verglichenen Behandlungsarten für das Alter 140.

Tabelle 5

Kiefer II. Bonität (mod.), m. LE, Ausgangsbaumzahl $N = 15\,000$, mäßige Durchforstung, gestaffelte Durchforstung, Auslesedurchforstung Z 250 (mod.) und Z 200 (mod.) und Wuchsmodell nach GRI-Befund. Ertragskundliche Erwartungswerte für das Alter 140

Scots pine, site class II (mod.), initial number of trees: $N = 15\,000$. Moderate thinning (m. Df.), thinning with decreasing intensity (gest. Df.), selective thinning regimes Z 250 (mod.) and Z 200 (mod.), and growth model based on results of the Bavarian forest inventory of 1970/71. Characteristic growth and yield parameters calculated for age 140

Behandlung	N_{140}	$h_{m\,140}$ m	$d_{m\,140}$ cm	G_{140} qm	V_{140} VfmD	GWL_{140} VfmD	$GWL\%$ v.m.Df	VNP ₁₄₀
m. Df	273	27,1	37,8	30,7	375	814	100	54,0
gest. Df	273	27,3	38,4	31,6	387	828	102	53,2
Z 250 (mod.)	250	27,8	40,0	31,4	388	770	95	49,6
Z 200 (mod.)	200	28,3	41,1	26,6	331	756	93	56,2
GRI	250	27,1	37,7	27,9	340	739	91	53,4

Fassen wir die Ergebnisse der Vergleichsrechnungen zusammen, die in dieser Tabelle und den zuvor gezeigten Darstellungen wiedergegeben sind, so kommen wir zu folgender abschließender Beurteilung:

1. Die mäßige Durchforstung stellt, bei nicht zu hohen Ausgangsbaumzahlen, für wenig schneebruchgefährdete Standorte eine nach wie vor geeignete Behandlungsart dar, die hohe Endvorräte und hohe Gesamtleistungen erwarten läßt. Sie muß jedoch, besonders in der Jungbestandsphase, konsequent geführt werden. Die Durchmesserleistung ist zwar geringer als bei gestaffelter Durchforstung und Z-Baum-Durchforstung, sie läßt jedoch – bei nicht zu hoher Zieldurchmesser-Vorgabe – durchaus befriedigende Dimensions- und Werterträge in der Vor- und Endnutzung erwarten.
2. Eine hohe Stabilität bei gleichzeitiger hoher Volumen-, Dimensions- und Wertleistung läßt die gestaffelte Durchforstung erwarten. Sie ist aus ertragskundlicher Sicht die alles in allem wohl günstigste Behandlungsart für die Kiefer.
3. Überraschend günstig sind die Leistungsgrößen, die für die Z-Baum-orientierten Auslesedurchforstungen, vor allem für die auf eine Endbaumzahl von 250 ausgerichtete Variante errechnet wurden: mittlere Zieldurchmesser von 40 cm und mehr im Alter 140 (die daneben nur für die herkömmliche starke Durchforstung und die Lichtung errechnet wurden), hohe Stabilitätserwartung, hohe Endvorräte bei der Variante Z 250, nur geringe bzw. mäßige Einbußen an Gesamtwuchsleistung (-5 Prozent bei Variante Z 250, -7 Prozent bei Variante Z 200).

Diese Zielgrößen können allerdings nur unter den folgenden grundlegenden Voraussetzungen erreicht werden:

- Erwartungstreue Leistung der Z-Bäume bis zum Ende der Produktionszeit; das bedeutet:
- kein Umsetzen in niedrigere Baumklassen,
- kein Ausfall, etwa durch Kienzopf, und hier besonders
- kein Abgang in der Hiebsruhephase.

Wieweit diese Voraussetzungen gegeben sind, läßt sich derzeit noch nicht übersehen. Neuere Beobachtungen lassen vermuten, daß wir mit den hohen Wahrscheinlichkeiten der Zuwachsträgerkonstanz bis zur Endnutzung (92,5 Prozent), die wir in unseren Berechnungen unterstellt haben, generell wohl kaum rechnen können. Wir haben z. B. in letzter Zeit auf mehreren Kiefernflächen besonders bei den herrschenden Bäumen mit Z-Baum-Merkmalen ins Gewicht fallende Abgänge durch Kienzopf und Trocknis wie auch beginnende Umsetzungen in geringere Baumklassen festgestellt. Hier bleibt somit noch vieles zu untersuchen, bevor wir die Z-Baum-Methoden für die Kiefer abschließend beurteilen können.

4. Der Zustand unserer Kiefernbestände nach dem GRI-Befund weicht auf beträchtlicher Fläche so ziemlich in allem von diesen Modellvorstellungen ab:
- hohe Instabilität infolge unterlassener oder viel zu schwach geführter Durchforstungen,
 - geringe Durchmesserleistung, zugleich
 - geringer Endbestandsvorrat und
 - erhebliche Zuwachsverluste während des gesamten Bestandeslebens (rund 10 Prozent geschätzte Minderleistung bei der GWL).

An den Leistungsgrößen nach dem GRI-Befund können wir erkennen, daß wir bei der Kiefer hohe Produktionsverluste riskieren, wenn wir in der entscheidenden Phase bis zur Zuwachskulmination und der daran anschließenden Phase hoher Wuchsleistung bis zum Erreichen einer Oberhöhe von 20 bis 22 m (bei II. Bonität im Alter 60–70) die notwendigen Durchforstungseingriffe unterlassen oder zu schwach führen. Die dadurch entstehenden erheblichen Stabilitäts- und Zuwachseinbußen sind im späteren Alter nicht mehr kompensierbar. Wir können daraus ersehen, welche enorme Bedeutung einer konsequenten, langfristig angelegten Standraumregelung für unsere Kiefernwirtschaft gerade heute zukommt.

Zusammenfassung

Anhand von Wuchsmodellen wird die Bestandesentwicklung der Kiefer bei unterschiedlicher Begründungsdichte und Bestandesbehandlung dargestellt. Neben drei praxisüblichen Durchforstungsarten werden zwei neuere Behandlungskonzepte ertragskundlich beschrieben, die von den herkömmlichen Leitlinien der Kiefernerziehung zum Teil wesentlich abweichen. Diese Konzepte kennzeichnen eine gestaffelte Durchforstung und eine Z-Baum-orientierte Auslesedurchforstung (mit zwei Varianten unterschiedlicher Endbaumzahlen); sie sind maßgeblich ausgerichtet auf eine höchstmögliche Betriebssicherheit. Darüber hinaus wird ein Wuchsmodell beschrieben, das die Bestockungsverhältnisse auf großen Teilen unserer Kiefernfläche nach den Ergebnissen der Bayerischen Großrauminventur 1970/71 (GRI) und der darauf aufbauenden Holzaufkommensprognose 1973/74 wiedergibt. Den Modelluntersuchungen wurde ein Wachstumsgang zugrunde gelegt, der annähernd dem Altershöhenverlauf und der Ertragsniveaueurve der II. Bonität der Kiefern-Ertragstafel von WIEDEMANN (1943, mäßige Durchforstung) folgt.

Folgende Begründungs- und Behandlungsvarianten werden anhand charakteristischer Leistungsgrößen ertragskundlich beschrieben:

- Ausgewählte Varianten der herkömmlichen mäßigen und starken Durchforstung sowie der Lichtung bei jeweils gleicher Ausgangsbaumzahl ($N = 15\ 000/\text{ha}$).
- Entwicklungsgänge bei mäßiger und gestaffelter Durchforstung und Ausgangsbaumzahlen von 20 000, 15 000, 12 500 und 10 000/ha.

- Z-Baum-orientierte Auslesedurchforstungen (in Anlehnung an Vorschläge von ABETZ, 1972) mit Endbaumzahlen von 200 und 250/ha bei jeweils gleicher Ausgangsbaumzahl (N = 15 000/ha).
- Ein Wuchsmodell nach GRI-Befund, verglichen mit den Wachstumsabläufen bei gestaffelter und Z-Baum-orientierter Durchforstung; Ausgangsbaumzahl jeweils N = 15 000/ha.

Die Ertrags Elemente der Kiefer, insbesondere ihre Durchmesser- und Grundflächenentwicklung, aber auch ihre Gesamtwuchsleistung, werden von der Begründungsdichte langfristig mitgeprägt. Die begründungsbedingten Unterschiede sind augenscheinlich deutlich geringer als bei der Fichte. Sie dürften jedoch – bei annähernd gleicher (baumzahldatierter) Eingriffsfolge – bis ins hohe Bestandesalter fortwirken.

Für die gestaffelte und die Z-Baum-orientierte Durchforstung wurden überwiegend günstige ertragskundliche Erwartungswerte errechnet. Bei den Z-Baum-Varianten wurde hierbei eine erwartungstreue Leistung der Z-Bäume ohne nennenswerte Ausfälle bis zur Endnutzung unterstellt.

Die im Wuchsmodell dargestellte Bestandesentwicklung nach dem GRI-Befund weicht in fast allen wichtigen Ertrags Elementen von den Erwartungswerten der hier vorgestellten Behandlungskonzepte ab. Sie ist gekennzeichnet durch eine hohe strukturelle Instabilität und durch eine geringe Wuchsleistung infolge unterlassener bzw. zu schwach geführter Durchforstungen in der ersten Hälfte der Umtriebszeit. Zur Vermeidung größerer Produktionsverluste ist für die Bestände, die dieser Kategorie zuzuordnen sind, eine durchgreifende Intensivierung der Pflegemaßnahmen dringend geboten.

Summary

Effects of stand treatment on the growth of pine (Pinus silvestris) – Results of a yield study based on growth model calculations –

Growth models are used to illustrate the development of stands of Scots pine (*Pinus silvestris*) at different planting spacings and thinning regimes. The study is based on a growth trend which follows approximately the age-height development and the yield level curve of site class II of the Scots pine yield table published by WIEDEMANN (1943, moderate thinning).

The following variables are described by means of characteristic yield parameters:

- Selected variants of the traditional moderate and heavy low thinning as well as light-felling, i. e. permanent opening of the canopy, applied to an initial density of 15 000 trees per ha.
- Traditional moderate thinning and a regime of decreasing intensity with initial densities of 20 000, 15 000, 12 500, and 10 000 trees per ha.
- Selective thinning regimes oriented at „Z-trees“ (according to proposals made by ABETZ, 1972), i. e. dominant trees with favourable growth and stability characteristics, with final stocking of 200 and 250 trees per ha applied to an initial density of 15 000 trees per ha.

A growth model is presented which reflects the stocking of large parts of the Bavarian pine forests, based on the results of the Bavarian forest inventory of 1970/71 and subsequent yield projections made in 1973/74.

The yield elements of Pine, especially the development of diameter and basal area, and also total volume production, are affected by initial planting spacing. These effects are longterm; however, they are not as pronounced as with Norway spruce. The yield parameters of both the „Z-tree“ regime and the regime with decreasing intensity were, in most cases, relatively favourable. The calculations are based on the assumption that the „Z-tree“ population will perform well, and there will be only slight losses up to clear-felling age.

Stand development as portrayed in the growth model, and based on data of the Bavarian

forest inventory, is characterized by high structural instability and low growth rates as a result of delayed or too light thinnings during the first half of the rotation. Stands of this category should receive more intensive silvicultural treatment if significant production losses are to be avoided.

Anschrift des Verfassers: Prof. Dr. FRIEDRICH FRANZ, Lehrstuhl für Waldwachstumskunde, Amalienstraße 52, D-8000 München 40

